

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

1967

ДУБНА

О Р Г А Н Ы У П Р А В Л Е Н И Я
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

КОМИТЕТ ПОЛНОМОЧНЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ

Профессор П.Пиллика (Народная Республика Албания)
 Академик Г.Наджаков (Народная Республика Болгария)
 Профессор А.Коя (Венгерская Народная Республика)
 Профессор Ле Ван Тхьем (Демократическая Республика Вьетнам)
 Доктор Ф.Гильберг (Германская Демократическая Республика)
 Тев Дюн Тхяк (Корейская Народно-Демократическая Республика)
 Профессор Д.Мэвэгмид (Монгольская Народная Республика)

В.Биллик (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

Ученый Совет Объединенного института ядерных исследований

Председатель академик Н.Н.Боголюбов
 профессор Н.Солном
 профессор А.Хрынкевич
 Ученый секретарь к.ф.м.н. Ю.А.Шербаков

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.Пиллика	академик Г.Наджаков академик Э.Джаков	академик Л.Яноши профессор Л.Пал профессор А.Коя	профессор Ле Ван Тхьем	профессор Г.Позе профессор К.Ланус профессор К.Александр	Тев Ги Дек Пак Гван О	профессор Н.Солном	академик П.Илиев академик Г.Неволин-чанский профессор М.Даныш	академик Х.Хулубей академик Ш.Ципейка профессор В.Новачу	профессор В.П.Джеленов профессор А.А.Логунов профессор Г.Н.Флеров	профессор В.Петржила В.Шваб Л.Трлифай

Ученый совет по физике высоких энергий
 Председатель - профессор А.Хрынкевич
 Ученый секретарь - д-р ф.м.н. А.И.Мухин

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

Ученый совет по теоретической физике
 Председатель - профессор Д.И.Блохинцев
 Ученый секретарь - к.ф.м.н. В.А.Мешеряков

Камерный комитет
 Председатель - д-р ф.м.н. К.Гротс

Эмulsionный комитет
 Председатель - д-р ф.м.н. Г.Б.Жданов

Комитет по нейтронной физике
 Председатель - проф. Л.Пал

Комитет по ядерной физике
 Председатель - к.ф.м.н. З.Плайнер

~~SECRET~~

3767

СЭН
0-292

О Т Ч Е Т

О Д Е Я Т Е Л Ь Н О С Т И

Объединенного института

ядерных исследований

в 1967 году

с. ф. 2458

Объединенный институт
ядерных исследований
Библиотека

ДУБНА

Оглавление

<i>Цели и задачи ОИЯИ</i>	4
<i>Лаборатории и основные установки</i>	5
<i>Введение</i>	7
I. План ОИЯИ на 1967 год	15
II. Научно-исследовательские работы, выполненные лабораториями ОИЯИ в 1967 году	
<i>Лаборатория высоких энергий</i>	21
<i>Лаборатория ядерных проблем</i>	31
<i>Лаборатория ядерных реакций</i>	45
<i>Лаборатория нейтронной физики</i>	59
<i>Лаборатория вычислительной техники и автоматизации</i>	81
<i>Лаборатория теоретической физики</i>	97
III. Работа основных установок и создание экспериментальной аппаратуры в 1967 году	
<i>Лаборатория высоких энергий</i>	111
<i>Лаборатория ядерных проблем</i>	122
<i>Лаборатория ядерных реакций</i>	139
<i>Лаборатория нейтронной физики</i>	146
<i>Лаборатория вычислительной техники и автоматизации</i>	154
IV. Деятельность руководящих и консультативных органов	161
V. Премии ОИЯИ за 1966 год	165
VI. Международные связи и научное сотрудничество	167
VII. Радиационная безопасность	191
VIII. Издательский отдел	196
IX. Научно-техническая библиотека	199
X. Изобретательство и рационализация	202
XI. Административно-хозяйственная деятельность	203

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объединенный институт ядерных исследований имеет своей целью:

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

содействие развитию ядерной физики в государствах - членах Института путем обмена опытом и достижениями в 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 - членов Института.

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

Устав ОИЯИ, глава VII.

**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
7 электронно-вычислительных машин



Введение

В прошедшем году важное место в деятельности Объединенного института ядерных исследований занимала подготовка к экспериментам на гигантском ускорителе протонов, построенном в Советском Союзе близ города Серпухова. Научный коллектив Института физики высоких энергий, советские ученые, инженеры и техники добились в 1967 году замечательного успеха. В короткие сроки после запуска линейного инжектора на 100 Мэв был осуществлен пробный пуск ускорителя, достигнутая энергия в 76 Гэв превышает проектную. При благоприятном ходе событий ускоритель может быть готов к физическим экспериментам уже к середине 1968 года. Такое развитие событий диктовало нам необходимость более тщательного пересмотра нашей программы подготовки к экспериментам в ИФВЭ с целью ее интенсификации.

В текущем году в соответствии с рекомендациями Координационного совета ИФВЭ мы выделили эксперименты первого плана, т.е. эксперименты, которые будут начаты уже в 1968 году. К их числу относятся исследования на пионном пучке с крупнейшей двухметровой пропановой камерой. Использование этой установки позволит в кратчайшие сроки обеспечить камерными снимками значительное число научных коллективов наших стран.

Среди работ, которые будут выполняться в ИФВЭ электронными методами, наибольший интерес вызывает исследование рассеяния протонов протонами с помощью полупроводникового спектрометра на линии с электронно-вычислительной машиной.

Кроме этих двух работ, в 1968 году планируется поставить такие опыты, как облучение фотоэмульсий протонами, опыты по регенерации с K_2^0 -мезонами, поиски новых частиц и антиядер, поиски монополя Дирака.

Изложенное выше относится к некоторым экспериментам первого плана. Наша долгосрочная программа по сотрудничеству с ИФВЭ включает в себя создание уникальных установок, в связи с чем в ОИЯИ ведется разработка и изготовление магнитного искрового спектрометра и двухметровой жидководородной камеры.

Подготовлено и издано физико-техническое обоснование проекта многокубовой жидководородной камеры. Дальнейшее развитие работ идет в направлении моделирования отдельных наиболее ответственных узлов установки. Особое значение имеют исследования по созданию сверхпроводящих магнитов. Дирекция ИФВЭ также видит важнейшую перспективу, связанную с созданием этой установки.

Для более рациональной организации наших экспериментов в ИФВЭ дирекция института предполагает создать специальный отдел, который возьмет на себя техническое обслуживание наших научных групп в Серпухове.

1967 год принес значительные успехи в решении важнейшей задачи создания мощного центра обработки физической информации. В Лаборатории вычислительной техники и автоматизации сданы в эксплуатацию основные помещения, получены и монтируются главные узлы высокопроизводительной машины БЭСМ-6. Введена в эксплуатацию машина БЭСМ-4. В целях радикального решения проблемы быстрее внедрения прогрессивных программ типа ФОРТРАН и обеспечения нашего мощного вычислительного центра периферийным оборудованием дирекция приняла решение о приобретении машины среднего класса СДС-1604А. В 1968 году будет необходимо продолжить комплектацию периферийных измерительных центров в лабораториях и ввести в регулярную эксплуатацию широкую сеть просмотровых и измерительных полуавтоматов и автоматов.

В соответствии с пятилетним планом развития института на период с 1966 по 1970 год продолжались работы по реализации крупных проектов. Экспертная комиссия стран-участниц по перспективам развития физики высоких энергий в ОИЯИ и Ученый совет одобрили физико-техническое обоснование совершенствования ускорителя Лаборатории ядерных проблем

с перестройкой его в ускоритель с пространственной вариацией магнитного поля (установка "Ф"). Коллективом лаборатории была выполнена большая работа по подготовке физико-технического обоснования проекта. Важной проблемой является проект нового мощного импульсного реактора ИБР-2. В текущем году в Лаборатории нейтронной физики подготовлено физико-техническое обоснование проекта, разработан эскизный проект и начато техническое проектирование реакторной части комплекса ИБР-2. Успешно развивались работы по реконструкции основной техники для исследований с многозарядными ионами. Подготавливается к запуску реконструированный циклотрон У-200. Для получения высокоинтенсивных пучков тяжелых ионов в циклотроне сформировано магнитное поле с азимутальной вариацией напряженности, достигнуты очень высокие значения напряженности поля. Ведется также подготовка к реконструкции У-300 и У-400.

Продолжались работы по созданию нового инжектора для синхрофазотрона, значительная часть их уже выполнена. Осуществлен быстрый вывод протонного пучка 10 Гэв из синхрофазотрона с эффективностью около 50%.

Таковы основные итоги деятельности института по главным направлениям, намеченным в директивах Комитета полномочных представителей ОИЯИ. В лабораториях института велись исследования в соответствии с планом, утвержденным Ученым советом. Этот план в основном выполнен. В 1967 году учеными института проведен ряд важных исследований, получены новые научные данные.

Анализ результатов экспериментов по изучению упругого взаимодействия частиц высоких энергий на синхрофазотроне дал возможность получить новые сведения о структуре амплитуды рассеяния протонов и π^- -мезонов нуклонами. С помощью новой методики проводилось исследование pp^- , pd^- и π^-p^- - рассеяния на малые углы. Интересные результаты получены также в исследованиях лептонных распадов векторных мезонов и процессов генерации ρ^+ -мезона и Δ_{1238}^{++} -изобары в π^+p^- -взаимодействиях.

На синхроциклотроне выполнены опыты по проверке T -инвариантности pp^- -взаимодействия при высоких энергиях. С высокой точностью измерена поляризация в упругом pp^- -рассеянии и угловая зависимость фактора деполяризации D_{pp} (635 Мэв). Впервые получены систематические данные о процессах образования заряженных пионов нейтронами на ядрах. Открыто десять новых изотопов и изомеров, большинство из них - короткоживущие.



Рис.1. 6 июня состоялось торжественное собрание Ученого совета ОИЯИ, посвященное 50-летию Великой Октябрьской социалистической революции. На снимке: от Академии наук СССР ученых Объединенного института ядерных исследований приветствует вице-президент АН СССР академик Б.П.Константинов.

С помощью усовершенствованной методики в экспериментах на циклотроне для ускорения многозарядных ионов были синтезированы и исследованы изотопы трансурановых элементов: $^{242}_{98}$, $^{251}_{102}$, $^{256}_{103}$, $^{257}_{103}$. Уточнены также данные о свойствах изотопов $^{252}_{102}$ и $^{256}_{102}$. Для поиска изотопов 105-го элемента разработана методика наблюдения. В новой серии химических экспериментов с элементом 104 подтверждены полученные ранее результаты.

Использование системы микротрон-реактор позволило подробно изучить характеристики нейтронных резонансов всех стабильных изотопов германия и неодима. Исследовались также делящиеся ядра $^{235}_{92}\text{U}$ и $^{239}_{94}\text{Pu}$. В развиваемом новом направлении в нейтронной спектроскопии - изучении (n, α) - реакции в резонансах - получен существенный результат: найдена возможность измерения не только выхода альфа-частиц, но и их спектра. В экспериментах на реакторе получены новые данные о свойствах жидкостей и кристаллов.

Теоретиками института в истекшем году получен ряд важных результатов в исследованиях по актуальным проблемам современной физической теории. Это изучение свойств симметрии элементарных частиц, структуры теории поля, связанные с экспериментом исследования процессов сильного



и электромагнитного взаимодействий. Ряд интересных работ посвящен алгебре токов и дисперсионным правилам сумм, развитию приближенных методов в теории поля. Широкая программа теоретических работ связана с изучением структуры сложных ядер и ядерных реакций.

Как отмечалось выше, завершается комплектование вычислительного центра института. Помимо монтажа электронно-вычислительных машин, здесь ведется их модернизация и наладка схем связи ЭВМ с физической аппаратурой и установками для обработки пленочной экспериментальной информации. Разрабатываются и создаются автоматические и полуавтоматические устройства для обработки камерных снимков. Очень большой объем работ связан с созданием различных систем математического обеспечения ЭВМ.

Большое внимание уделялось вопросам создания новой физической аппаратуры. Сформированы новые пучки частиц высоких энергий от синхротрона и синхроциклотрона. В дополнение к упомянутым выше установкам выполнен большой комплекс методических и монтажных работ по созданию масс-сепаратора для разделения изотопов. Впервые изготовлена установка, обеспечивающая получение в стационарном режиме при высокой холодопроизводительности сверхнизкой температуры $0,012^{\circ}\text{K}$; в ней используется из-

вестный принцип растворения жидкого гелия-3 в жидком гелии-4. На масс-сепараторе для разделения трансураниевых элементов была произведена сепарация ряда изотопов, образующихся в реакциях с ионами углерода и неона. Для опытов с быстрыми нейтронами на импульсном реакторе усовершенствован времяпролетный спектрометр. Изготовлен коаксиальный германиевый гамма-детектор с большим чувствительным объемом. Многие работы, выполненные в 1967 году, были связаны с созданием и совершенствованием аппаратуры измерительных центров экспериментальных лабораторий института.

1967 год был годом дальнейшего развития международного сотрудничества. Особенно успешно развивались наши связи с научно-исследовательскими организациями стран-участниц ОИЯИ. Лаборатории института выполняют около 200 научных и методических работ совместно с национальными институтами стран-участниц. Объединенный институт организовал в прошедшем году 11 научных и методических совещаний, среди них Симпозиум по нелокальной квантовой теории поля, Международный семинар ведущих ученых по проблемам развития физики высоких энергий, Международная теоретическая школа по физике высоких энергий для экспериментаторов, Совещание по ядерной спектроскопии и теории ядра. Возросло количество научных командировок ученых ОИЯИ в институты стран-участниц и ученых из различных стран в Дубну. Сотрудники ОИЯИ приняли участие во всех крупнейших международных физических конференциях года. Успешно развивались наши научные связи с ЦЕРНом, Институтом Н.Бора, с физическими центрами Франции.

В заключение отметим, что в 1967 году группа ученых института - В.А.Друин, И.Звара, С.М.Поликанов, Г.Н.Флеров - за работы по синтезу трансураниевых элементов была удостоена Ленинской премии.



Н.Боголюбов,
директор Объединенного института
ядерных исследований

■ I. ПЛАН

ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА

ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

НА 1967 ГОД

Научно-исследовательская, методическая и научно-организационная деятельность Объединенного института ядерных исследований в 1967 году проводилась в соответствии с планами, утвержденными Ученым 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 Ученый совет отметил как наиболее важные следующие направления:

Лаборатория высоких энергий

1. Проведение экспериментов с большими пузырьковыми камерами и искровыми камерами на линии с БЭСМ-3М и подготовка этой методики к экспериментам в ИФВЭ.

2. Скорейшее завершение работ по созданию нового инжектора и вывода протонного пучка из синхрофазотрона. Продолжение дальнейшего усовершенствования режимов его работы.

3. Создание новых крупных установок для экспериментов в ИФВЭ (двухметровой водородной камеры, проекта многокубовой водородной камеры и т.д.).

4. Подготовка материалов к совещанию экспертов по перспективным проектам, связанным с развитием физики высоких энергий в ОИЯИ.

Лаборатория ядерных проблем

1. Измерение параметров двойного и тройного рассеяния в нуклон-нуклонных соударениях при энергии 600 Мэв, в том числе с помощью поляризованной протонной мишени.

2. Исследование захвата мюонов в газообразном водороде.

3. Изучение пионного формфактора и редких распадов пионов.

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

5. Подготовка к экспериментам на ускорителе ИФВЭ, утвержденным Координационным советом этого института.

6. Проектирование многокубовой жидководородной камеры и создание магнитного искрового спектрометра для работ на ускорителе 70 Гэв ИФВЭ.

7. Работы по созданию измерительного центра и системы с прямой и обратной связью с ЭВМ.

8. Исследования, связанные с получением сверхнизких температур и созданием поляризованных мишеней нового типа.

9. Работы по созданию масс-сепаратора для разделения радиоактивных изотопов.

10. Разработка более эффективной системы вывода пучка протонов из синхроциклотрона.

11. Дальнейшее проведение работ по теоретическим исследованиям и моделированию фазотрона с вариацией магнитного поля (установки "Ф").

Лаборатория ядерных реакций

1. Работы по синтезу элементов с атомными номерами 103-105.

2. Детальное изучение процессов деления ядер тяжелыми ионами.

3. Исследование свойств сверхтяжелых ядер физическими и радиохимическими методами.

4. Изучение а) протонной радиоактивности; б) реакций передачи методом магнитного анализа.

5. Работы по реконструкции циклотрона У-150 в У-200.

6. Создание источника для получения высокозарядных ионов урана.

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 нейтронными методами и методами с использованием эффекта Мёссбауэра.

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

4. Проектирование нового импульсного реактора большой мощности с инжектором (ИБР-2).

Лаборатория вычислительной техники и автоматизации

1. Создание вычислительного комплекса института на базе машины БЭСМ-6 и шести машин типа БЭСМ-4 (срок - по мере комплектования парка вычислительных машин).

2. Создание и скорейший ввод в действие:

а) сканирующего устройства НРД (начало опробования совместно с машиной БЭСМ-6 - вторая половина 1968 года);

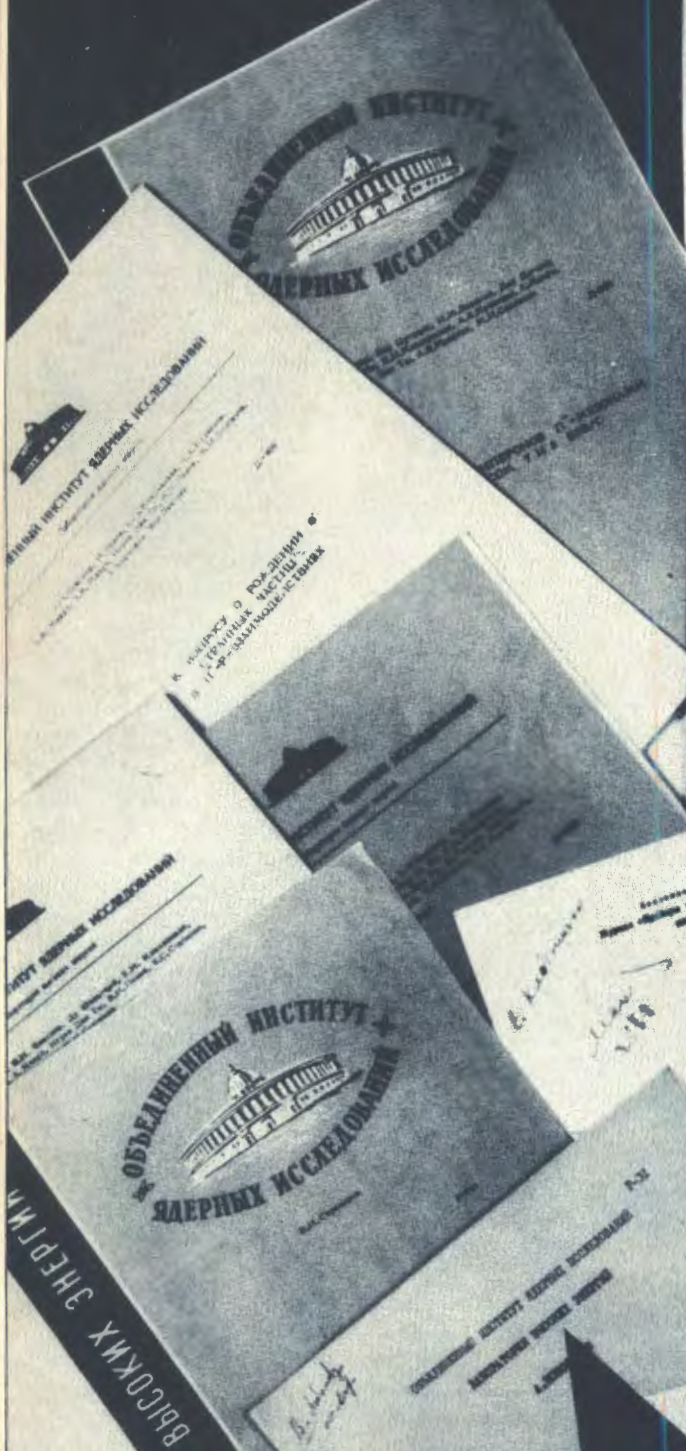
б) сканирующего автомата на электронно-лучевой трубке (комплексное опробование совместно с машиной БЭСМ-4 - конец 1967 года).

3. Проектные работы по системе спирального сканирования (начало работ - 1967 год).

4. Создание системы математического обеспечения на основе языка ФОРТРАН для вычислительного комплекса ОИЯИ, а также для разрабатываемых сканирующих устройств, используемых в экспериментах с прямой связью с вычислительными машинами (начало комплексной отладки первого варианта транслятора с ФОРТРАНа - середина 1968 года).



■ II. НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ
РАБОТЫ,
ВЫПОЛНЕННЫЕ
ЛАБОРАТОРИЯМИ ОИЯИ
В 1967 ГОДУ



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
Лаборатория термоядерного синтеза

В.М. Давыдов, Л.М. Герасимов, М.Давид, А.М. Голубович,
А.А. Карпович, И.И. Давыдов, М.М. Давыдов, Л.И. Давыдов, М.И. Давыдов

7-120

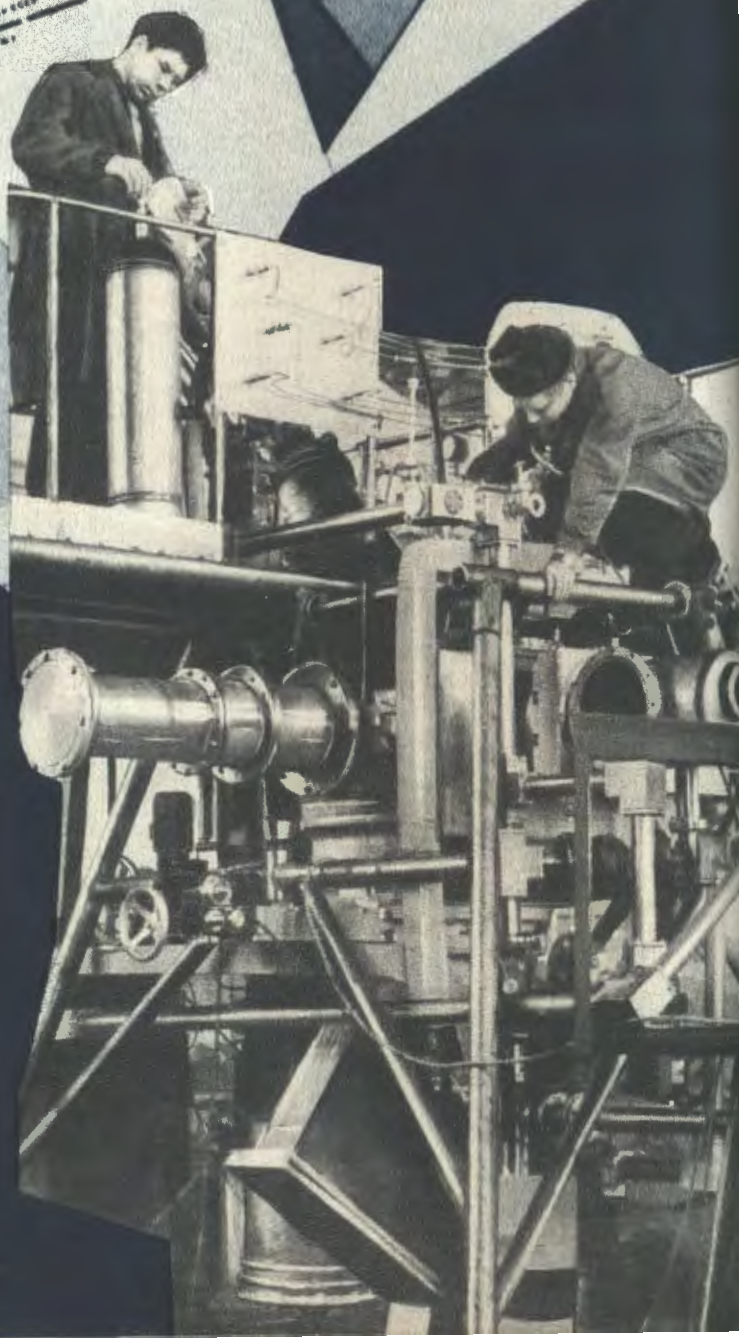
ИЗУЧЕНИЕ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ А-ГИДРОКАРБОНОВ
ПРИ РОЖДЕНИИ В А-А-РАДИОАКТИВНЫХ
С ИОНТОНАМИ 240

ЭНЕРГИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

ЭНЕРГИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

Всего строк 1000
Всего страниц 1000
И.И. Давыдов



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
Лаборатория термоядерного синтеза

Д.А. Карпович, В.М. Давыдов, М.И. Давыдов
Л.И. Давыдов

ИЗУЧЕНИЕ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ А-ГИДРОКАРБОНОВ
ПРИ РОЖДЕНИИ В А-А-РАДИОАКТИВНЫХ
С ИОНТОНАМИ 240

**Лаборатория
высоких
энергий**

Основу научно-исследовательской деятельности Лаборатории высоких энергий, проводимой в тесном контакте с лабораториями стран-участниц, в 1967 году составляли исследования упругого рассеяния частиц высоких энергий и некоторых аспектов физики частиц-резонансов.

*Исследования упругого рассеяния элементарных
частиц*

πp -рассеяние в области малых углов. Завершены измерения упругого $\pi^- p$ -рассеяния в области интерференции кулоновской и ядерной амплитуд, проводившиеся методом регистрации протонов отдачи. Измерения импульсов протонов отдачи по пробегу обеспечили разрешение по квадрату четырехмерного переданного импульса

$$\Delta t \approx 10^{-4} \text{ (Гэв/с)}^2.$$

Анализ полученных дифференциальных сечений упругого $\pi^- p$ -рассеяния при импульсах начальных π^- -мезонов 3,48 и 6,13 Гэв/с показал, что в диапазоне величин $1,22 \cdot 10^{-3} \leq -t \leq 4,22 \cdot 10^{-3} \text{ (Гэв/с)}^2$ имеет место деструктивная интерференция кулоновской и ядерной амплитуд. Результаты из-

мерений фазы ядерной амплитуды, представленные на рис.2, получены при учете относительного сдвига кулонсовской и ядерной амплитуд по формуле Л.Д.Соловьева.

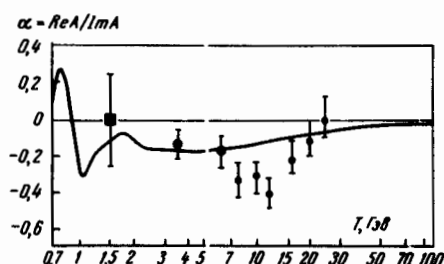


Рис.2. Зависимость отношения вещественной и мнимой частей для ядерной амплитуды упругого π^-p -рассеяния вперед от энергии пионов в лабораторной системе. Теоретическая кривая - Барашенкова /9/. \odot - данные настоящей работы; \bullet - данные /1/, \blacksquare - данные /12/. (Ссылки из работы А.А.Номофилова и др. Письма ЖЭТФ, 3, 546 (1967)).

Обработка этих же данных по формуле Бете дала следующие результаты:

$$\alpha_{\pi^-p} = \frac{\text{Re } A_{\text{яд}}}{\text{Im } A_{\text{яд}}} = -(0,17 \pm 0,07) \text{ при } p = 3,48 \text{ Гэв/с,}$$

$$\alpha_{\pi^-p} = - (0,22 \pm 0,09) \text{ при } p = 6,13 \text{ Гэв/с.}$$

Эти измерения показали, что в пион-нуклонном рассеянии дисперсионные соотношения выполняются вплоть до импульсов 6 Гэв/с.

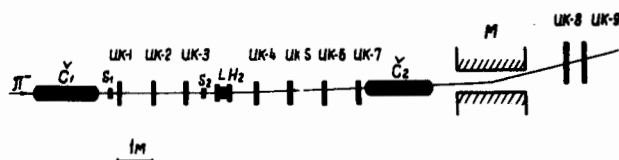


Рис.3. Схема эксперимента по измерению πp -рассеяния методикой бесфильмовых искровых камер на линии с БЭСМ-3М. Упругие события выделяются посредством измерения импульса рассеянной частицы с помощью ИК 4+9 и магнита М. Установка запускается антисовпадениями $(\check{C}_1 + S_1 + S_2) - \check{C}_2$. S_1 ; S_2 - сцинтилляционные счетчики, \check{C}_1 ; \check{C}_2 - газовые дифференциальные счетчики Черенкова для селекции пучковых пионов, имеющих угол относительно оси \check{C}_1 и \check{C}_2 меньше $1,5 \cdot 10^{-3}$ рад и $3 \cdot 10^{-3}$ рад, соответственно.

В 1967 году начаты исследования упругого π^-p -рассеяния на малые углы с использованием новой методики бесфильмовых искровых камер на линии с БЭСМ-3М. На рис.3 приведена схема этого эксперимента. Запуск

бесфильмовых искровых камер осуществляется мониторинговой системой, состоящей из газовых дифференциальных черенковских и сцинтилляционных счетчиков. Это позволяет в 5 раз ускорить набор экспериментального материала по сравнению с его набором обычным методом детектирования только искровыми камерами. С этой установкой была успешно проведена экспозиция при импульсе π^- -мезонов 4,6 Гэв/с. Полученный экспериментальный материал анализируется.

2. pp - и pd -рассеяние на малые углы. В лаборатории завершено создание новой установки для исследования на внутреннем пучке 70-Гэвного протонного ускорителя ИФВЭ упругого pp - и pd -рассеяния на малые углы. Эта установка состоит из полупроводникового спектрометра протонов отдачи на линии с БЭСМ-3М. На синхрофазотроне были проведены исследования с помощью этой установки. Полученные данные о pp - и pd -рассеянии на малые углы в интервале импульсов 2-5 Гэв/с в настоящее время обрабатываются.

Исследования резонансов

Исследования по физике частиц-резонансов проводились с использованием как электронных устройств, так и пузырьковых камер - жидководородных, пропановой и ксеноновой.

3. Исследования лептонных распадов и векторных мезонов. Эксперименты, проводившиеся в 1967 году, позволили существенно увеличить число зарегистрированных событий с распадами векторных мезонов на e^+e^- -пары. В частности, получены новые данные о распадах $\phi^0 \rightarrow e^+e^-$, доказавшие существование этого типа распада и позволившие оценить его парциальную ширину (см. таблицу 1), если использовать гипотезу об $\omega^0\phi^0$ -смешивании в рамках $SU(3)$ -симметрии.

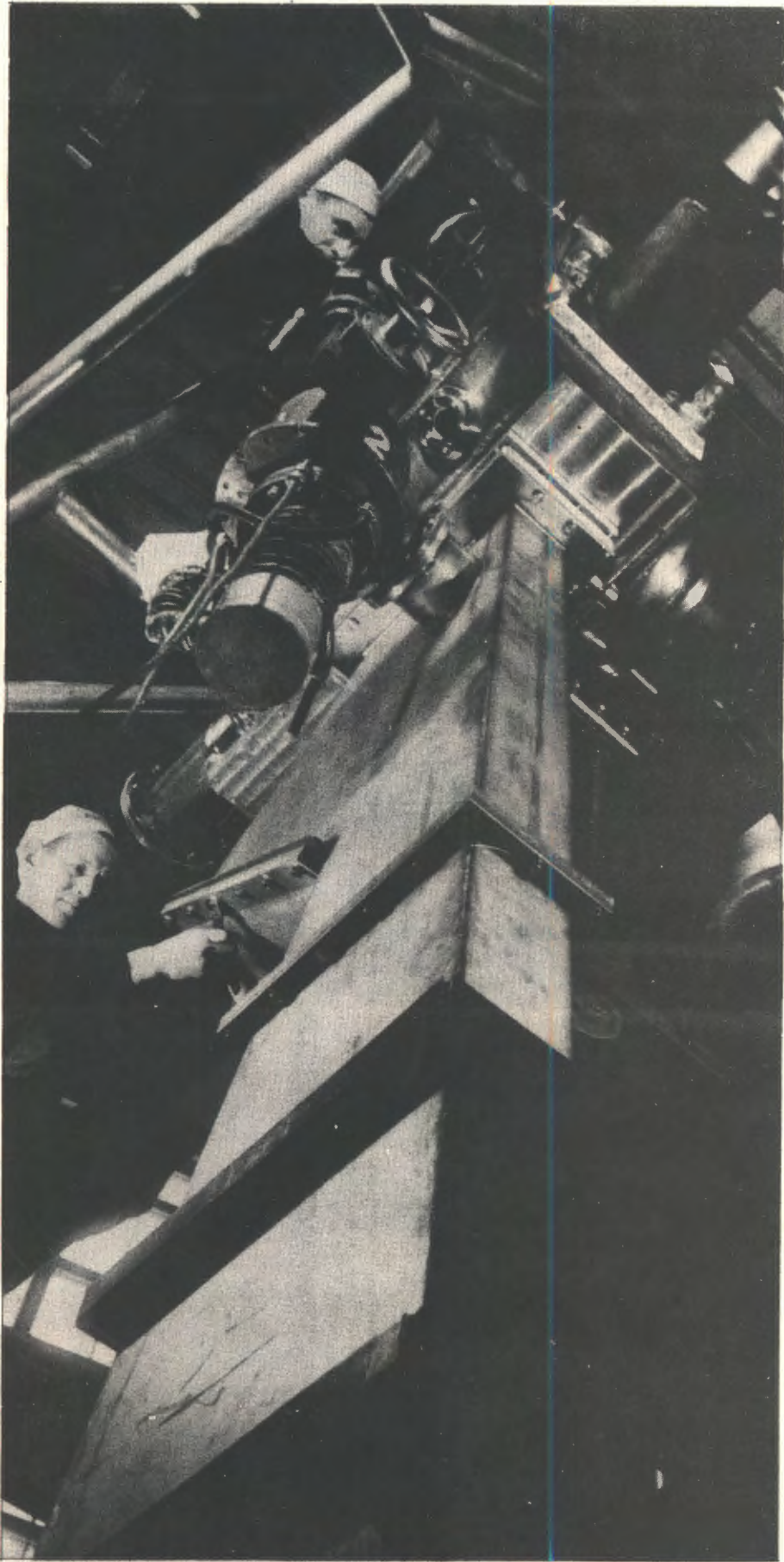
Таблица 1

$\frac{\Gamma_{\rho(e^+e^-)}}{\Gamma_{\rho}} 10^5$	$\frac{\Gamma_{\omega(e^+e^-)}}{\Gamma_{\omega}} 10^5$	$\frac{\Gamma_{\phi(e^+e^-)}}{\Gamma_{\phi}} 10^5$
$4,1 \pm 0,9$	$5,7 \pm 0,9$	130 ± 50



▲
Рис.4. В Лаборатории высоких энергий готовится эксперимент по изучению pp -взаимодействия в диапазоне энергий до 70 Гэв. Впервые в практике физического эксперимента взаимодействие частиц будет изучаться при помощи струи газообразного водорода, вводимой в камеру ускорителя. На снимке: отладка струйной мишени в криогенном отделе ЛВЭ. Научный сотрудник В.Никитин (слева) и аппаратчик А.Перов.

Рис. 5. Монтаж установки для исследования pp -рассеяния. ►



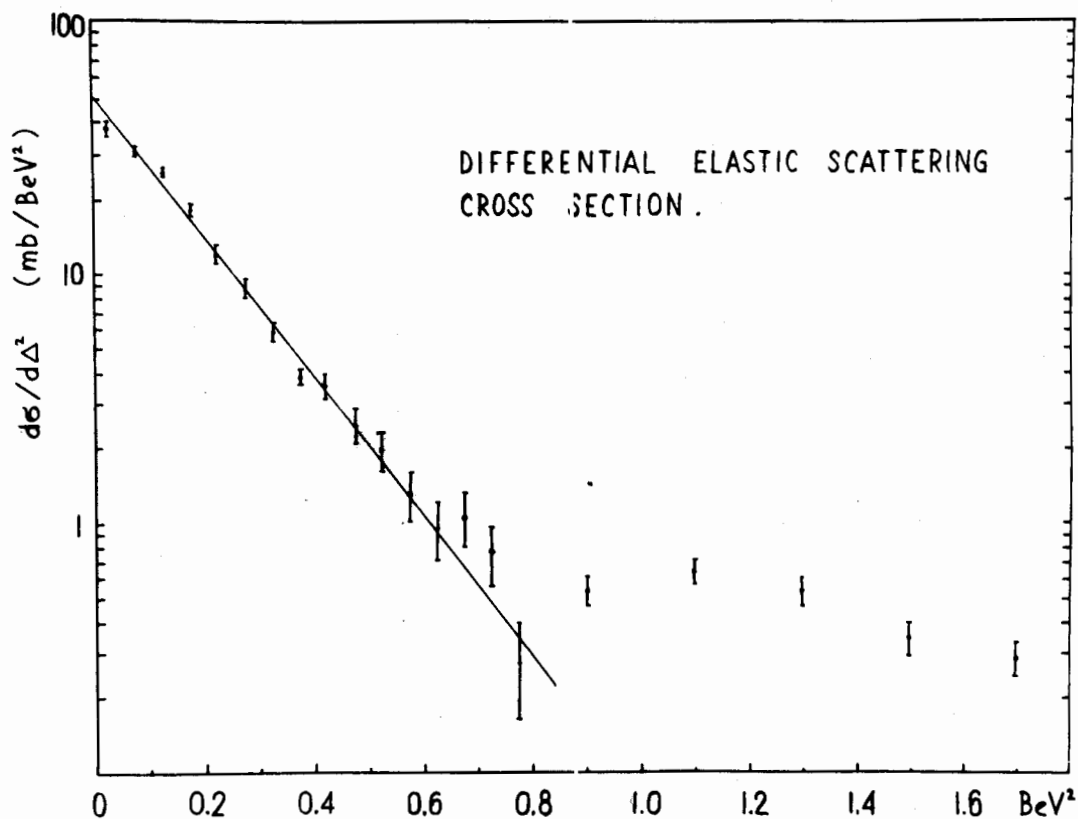


Рис.6. Зависимость дифференциального сечения упругого π^+p -взаимодействия от квадрата передаваемого 4-импульса.

Из приведенных данных следует, что величина константы перехода $\rho \rightarrow \gamma$, играющей важную роль в ряде проблем физики элементарных частиц, имеет значение

$$\frac{\gamma_\rho}{4\pi} = 0,65 \pm 0,14.$$

2. Генерация ρ^+ -мезона и Δ_{1230}^{++} -изобары в π^+p -взаимодействиях. Завершена обработка двухлучевых событий, полученных при облучении 40-сантиметровой жидководородной пузырьковой камеры в пучке π^+ -мезонов с импульсом 2,34 Гэв/с.

На рис.6 представлено распределение дифференциального сечения в зависимости от квадрата передаваемого 4-импульса для упругих π^+p -процессов. Сечение упругого взаимодействия равно $8,5 \pm 0,2$ мб, экспериментальные данные можно аппроксимировать экспонентой:

$$\frac{d\sigma}{dt} = C \exp(-At),$$

где

$$A = (6,5 \pm 0,2) \left(\frac{\Gamma_{\text{ЭВ}}}{c} \right)^{-2},$$

$$C = (53,2 \pm 2,1) \text{ мб}/(\text{ГэВ}/c)^2.$$

Сечение реакции $\pi^+ p \rightarrow \pi^+ \pi^0 p$ оказалось равным $3,8 \pm 0,2$ мб. Сечения образования ρ^+ -мезона и изобары Δ_{1238}^{++} равны соответственно $(1,4 \pm 0,15)$ мб и $(0,3 \pm 0,04)$ мб.

Получено дифференциальное сечение рождения ρ^+ -мезона.

Были определены также элементы спиновой матрицы плотности ρ^+ - и Δ_{1238}^{++} - частиц. На рис. 7,8 представлены их значения в зависимости от переданного 4-импульса.

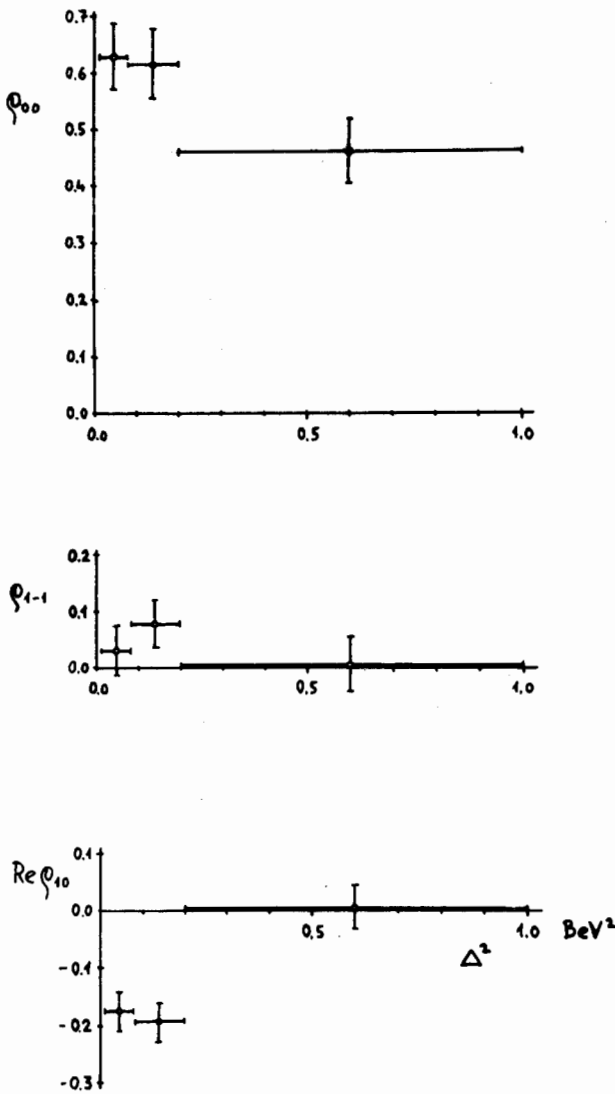


Рис.7. Зависимость элементов спиновой матрицы плотности рождения ρ^+ -мезона от переданного 4-импульса для реакции $\pi^+ p \rightarrow \rho^+ p$.

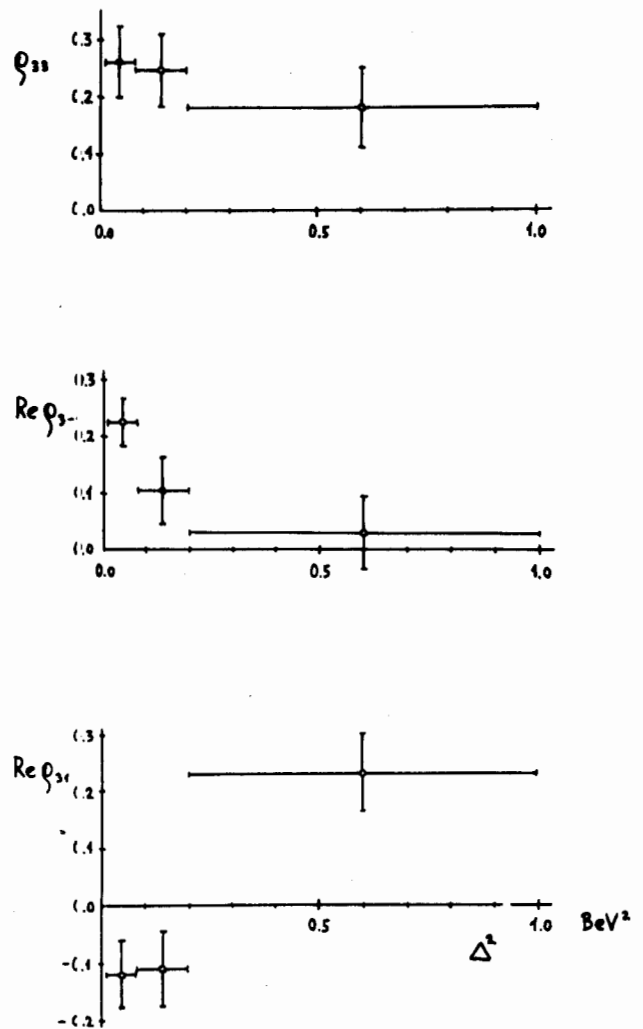


Рис.8. Зависимость элементов спиновой матрицы плотности рождения N^{*++} от переданного 4-импульса для реакций $\pi^+ p \rightarrow N^{*++} \pi^0$.

3. Мезон-нуклонные состояния с изотопическим спином 5/2.

Получены новые данные в экспериментах, где изучались мезон-нуклонные состояния с изотопическим спином 5/2 в pn -взаимодействиях. На материале 3500 пятилучевых звезд удалось выделить следующие каналы реакции:

$$pn \rightarrow pp \pi^+ 2 \pi^- \quad 424 \text{ события} \quad (1)$$

$$\rightarrow pp \pi^+ 2 \pi^- (m \pi^0) \quad 400 \text{ событий} \quad (2)$$

$$\rightarrow pn 2 \pi^+ 2 \pi^- (m \pi^0) \quad 725 \text{ событий} \quad (3)$$

$$\rightarrow nn 3 \pi^+ 2 \pi^- (m \pi^0) \quad 158 \text{ событий} \quad (4)$$

$$m = 0, 1, 2.$$

Предварительные результаты изучения реакции (3) представлены на рис.9,10,11. На рис.9 приведено импульсное распределение нейтронов, вызвавших реакцию (3). На рис.10 дано распределение эффективных масс $p \pi^+ \pi^+$ -комбинаций. Фоновая кривая рассчитана по статистической теории с учетом спектра нейтронов для реакции (3) с образованием и без образования π^0 -мезонов. Фоновая кривая не описывает экспериментального распределения. Другая кривая рассчитана с учетом образования изобары Δ_{1238} . Лучшее согласие достигается при предположении, что 62% событий идут с образованием этой изобары и 38% - без ее образования. Значение χ^2 для кривой, учитывающей эту смесь двух состояний, лежит внутри доверительного интервала 90%. На рис.11 дано распределение эффективных масс $p \pi^+$ из этой

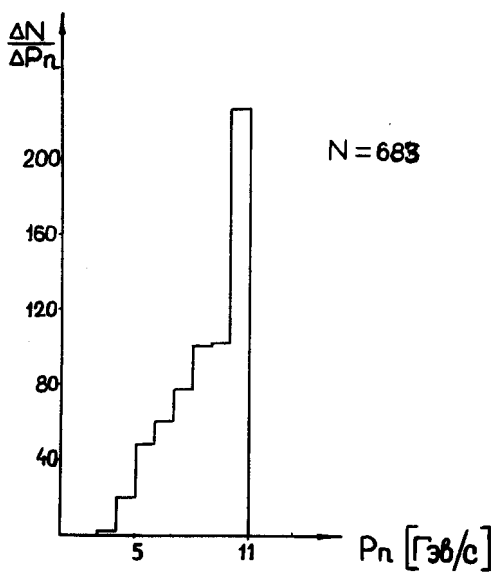


Рис.9. Импульсный спектр нейтронов, вызвавших реакцию $pn \rightarrow pp \pi^+ \pi^+ \pi^- (m \pi^0)$.

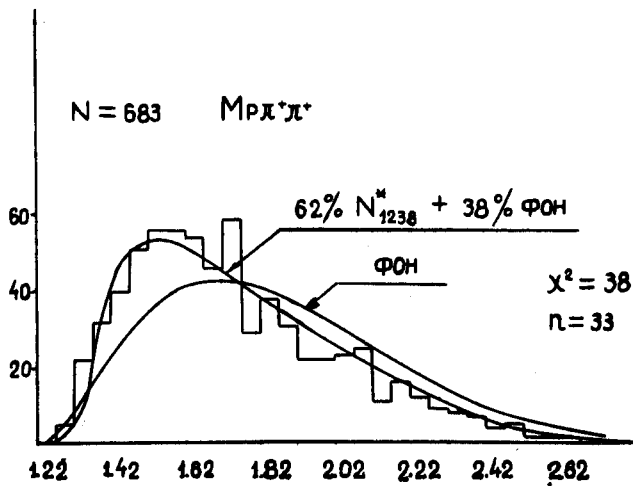


Рис.10. Распределение эффективных масс $(p\pi^+\pi^+)$ -комбинаций из реакции $p p \rightarrow p p \pi^+ \pi^+ \pi^- \pi^- (\pi\pi^0)$.

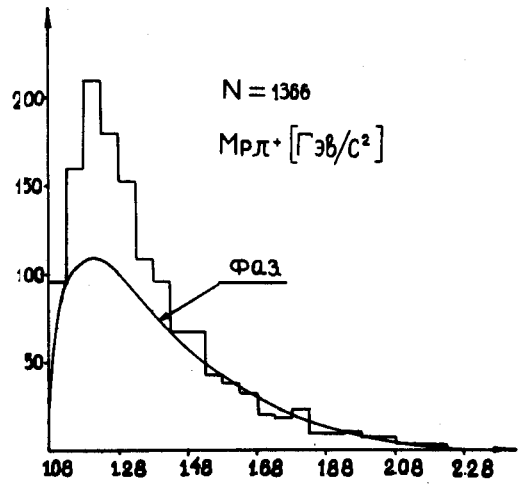


Рис.11. Распределение эффективных масс $(p\pi^+)$ -комбинаций из реакции $p p \rightarrow p p \pi^+ \pi^+ \pi^- \pi^- (\pi\pi^0)$.

же реакции. Как видно из этого рисунка, изобара Δ_{1238} действительно образуется в 60% случаев. Из этих данных следует, что если изобара с $T=5/2$ существует, то оцененная верхняя граница сечения ее образования составляет величину не более 80 мкб.



Лаборатория ядерных проблем

Научные исследования Лаборатории ядерных проблем в 1967 году на пучках частиц от синхроциклотрона 680 Мэв проводились по следующим направлениям:

1. Проверка основных законов симметрии взаимодействий.
2. Изучение сильных взаимодействий нуклонов и пионов с нуклонами и ядрами.
3. Изучение слабых и электромагнитных взаимодействий и физики пионов и мюонов.
4. Исследование свойств и квантовых характеристик искусственно-радиоактивных атомных ядер, особенно деформированных.

Проверка основных законов симметрии взаимодействий

1. Проверка T-инвариантности сильных взаимодействий. В лаборатории выполнены опыты по проверке G-инвариантности протон-протонного взаимодействия при высоких энергиях. Требования T-инвариантности сильных взаимодействий в случае упругого рассеяния протонов протонами приводят к равенству $P = A$, где P - поляризация, возникающая в упру-

гом pp -рассеянии на заданный угол, A -асимметрия, появляющаяся при рассеянии поляризованных протонов на неполяризованной протонной мишени. Проведенные эксперименты при энергии протонов 635 Мэв дали значения разности $P - A$ $(-0,021 \pm 0,027)$ и $(-0,021 \pm 0,035)$ для углов 48° и 60° , соответственно. Оценки показывают, что вклад в сечение протон-протонного рассеяния T - неинвариантного взаимодействия, если и существует, то не превышает 0,1%. По достигнутой точности эти результаты находятся на уровне лучших современных данных, а в области энергий выше порога мезонообразования являются единственными. В лаборатории были проведены расчеты, которые показали, что влияние тормозного излучения приводит к отклонению от соотношения $P = A$, однако возникающая поправка мала и ее следует учитывать лишь при достижении еще большей точности, чем полученная в настоящее время.

2. Экспериментальная проверка СРТ-инвариантности слабого взаимодействия произведена в прецизионных опытах по сравнению времен жизни положительных и отрицательных пионов. Эксперимент выполнен с помощью спектрометра, измеряющего на базе 13 м время пролета мезонов с разрешением 0,44 нсек. Общий вид спектрометра в лаборатории синхротрона показан на рис.12. С помощью специального устройства время пролета конвертируется в амплитуду. Для отношения времен жизни заряженных пионов получена величина

$$\frac{\tau_{\pi^+}}{\tau_{\pi^-}} - 1 = (-0,14 \pm 0,29)\%.$$

По достигнутой точности этот результат является лучшим среди современных данных и подтверждает справедливость СРТ-инвариантности слабых взаимодействий.

Сильные взаимодействия нуклонов и пионов с нуклонами и ядрами

По программе так называемого "полного опыта" наиболее важные результаты получены при измерении параметров двойного и тройного рассеяния нуклонов нуклонами.

1. Измерение поляризации, возникающей в упругом протонном рассеянии при энергии $(635+15)$ Мэв. Из-за сильной энергетической зависимости поляризации, возникающей в упругом pp -взаимодей-

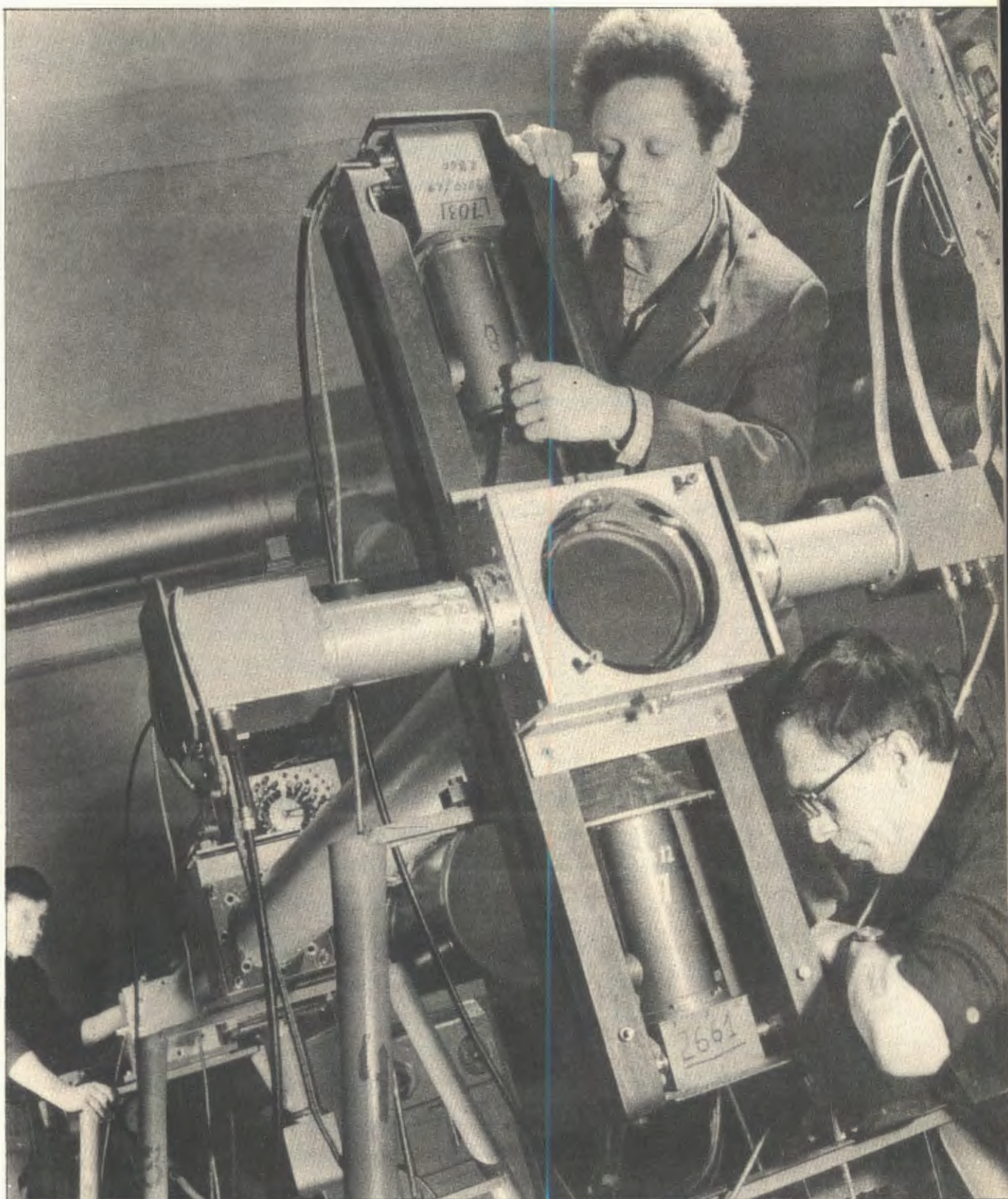


Рис.12. Общий вид спектрометра "по времени пролета", используемого в прецизионных экспериментах по проверке СРТ-инвариантности. На переднем плане - старший инженер З.Цисек (внизу) и стажер Д.М.Хазинс.

ствии, необходимо иметь сведения о поляризации, полученные с высокой точностью. С этой целью были выполнены эксперименты, в которых измерена поляризация в актах упругого рассеяния поляризованных протонов с энергией (635 ± 15) Мэв на водородной мишени при 23 углах рассеяния в интервале $28^\circ - 90^\circ$ в с.ц.м. с точностью 3%-4%. Достигнутая точность существенно превышает точность ранее известных экспериментов. На рис.13 представлена полученная угловая зависимость поляризации.

2. Измерение угловой зависимости фактора деполяризации в упругом pp -взаимодействии при энергии 635 Мэв. Выполнены прецизионные измерения угловой зависимости фактора деполяризации D_{pp} при упругом рассеянии поляризованных протонов с энергией (635 ± 15) Мэв на водороде для углов в с.ц.м. $41,2^\circ$; $47,8^\circ$; $60,8^\circ$; $71,8^\circ$ и 90° . Достигнутая точность превышает точность проведенных раньше экспериментов примерно в пять раз. Графическая зависимость фактора деполяризации от угла рассеяния представлена на рис. 14.

Кроме того, выполнены эксперименты по измерению фактора деполяризации при 90° (с.ц.м.) в двойном рассеянии неполяризованного пучка протонов с энергией 650 Мэв на поляризованной протонной мишени. Результаты измерений хорошо согласуются с результатами, полученными при рас-

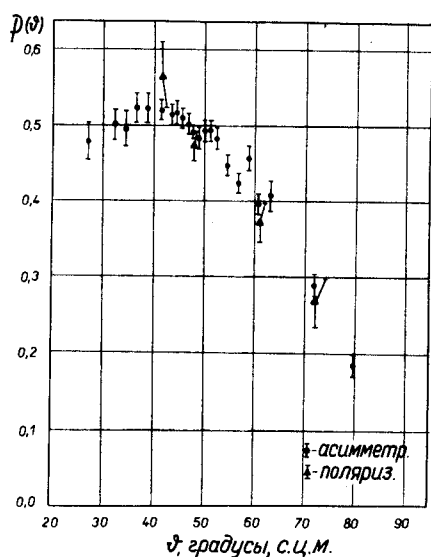


Рис.13. Угловая зависимость поляризации, возникающей в упругом pp -рассеянии при энергии 635 Мэв.

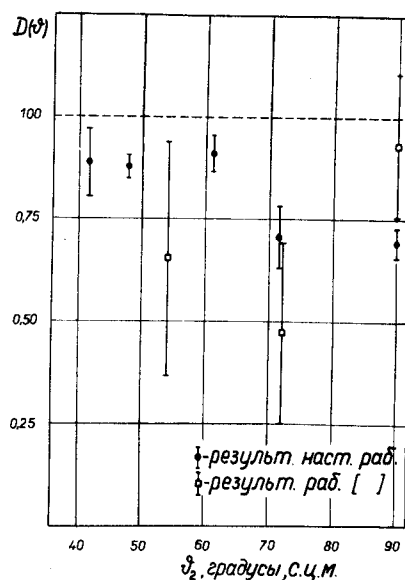


Рис.14. Зависимость фактора деполяризации от угла рассеяния при упругом рассеянии поляризованных протонов с энергией 635 Мэв протонами.

сеянии поляризованного пучка протонов. Скорость выполнения измерений в этом последнем опыте была существенно увеличена благодаря применению разработанного в лаборатории метода быстрой инверсии направления поляризации в мишени. Это – первое измерение параметра тройного рассеяния на поляризованной мишени.

3. Фазовый анализ NN-рассеяния с привлечением новых данных. Прецизионные измерения поляризации и фактора деполаризации в упругом pp -рассеянии в широком интервале углов позволили провести фазовый анализ данных pp -рассеяния при энергии 635 Мэв в принятых предположениях. Проведенный анализ показал, что привлечение новых данных существенно деформирует поверхность функционала χ^2 . Это противоречит единственности ранее найденного фазового решения. Было обнаружено по крайней мере два минимума в фазовом пространстве, соответствующих двум фазовым решениям, которые одинаково удовлетворительно описывают экспериментальные данные.

В связи с этим был проведен фазовый анализ нуклон-нуклонного рассеяния. В этом случае данные по pp - и pn -рассеяниям обрабатывались совместно. В дополнение к ранее известным данным были привлечены новые данные о поляризации и деполаризации. В результате анализа было найдено пять решений, которые одинаково удовлетворительно описывают экспериментальные данные. При использовании критерия, более жесткого, чем χ^2 -критерий (оценка вероятности ошибки первого рода), удалось показать, что следует принимать во внимание только два из этих решений. Таким образом, кроме ранее существовавшего набора фазовых сдвигов, появляется новый набор. Этот дополнительный набор фазовых сдвигов возникает после учета мезонообразования из начального нерезонансного состояния системы двух нуклонов – 3F_4 , которое ранее не учитывалось.

4. Образование заряженных пионов при соударении нейтронов с ядрами различных элементов. С помощью многоканального магнитного спектрометра в лаборатории впервые получены систематические данные о процессе образования пионов при соударениях нейтронов с ядрами различных элементов. При энергии нейтронов 600 Мэв для различных ядер, от Ве до Рв, и для пионов обоих знаков измерены энергетические и угловые распределения, определены полные и дифференциальные сечения, проанализирована зависимость этих параметров от атомного номера. Одним из очень интересных выводов работы является заключение

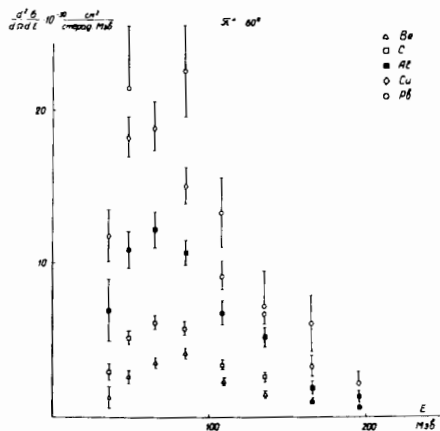


Рис.15. Спектры π -мезонов, образованных при соударении нейтронов с ядрами различных элементов при энергии 600 Мэв.

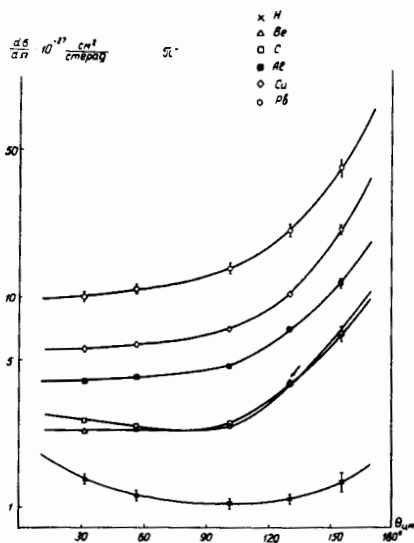


Рис.16. Угловые распределения π -мезонов, образованных при соударении нейтронов с ядрами различных элементов при энергии 600 Мэв.

о преимущественной концентрации избыточных нейтронов на поверхности ядер. Особенно ярко это проявляется для Be и Pb (рис.15,16).

5. Измерение дифференциального сечения упругого рассеяния протонов назад ядрами гелия-4 при энергии 665 Мэв. Изучение упругого рассеяния протонов высокой энергии легкими ядрами при больших значениях передаваемого импульса представляет интерес для исследования корреляционных функций нуклонов в ядре и экспериментальной проверки предсказаний флюктуационной теории Д.И.Блохинцева.

Эксперимент был выполнен на фокусирующем протонном канале, созданном в лаборатории в 1967 году. С помощью электроники, осуществляющей отбор (по времени пролета, ионизационным потерям и кинетической энергии ядер гелия-4) актов упругого рассеяния протонов с энергией 665 Мэв на угол 169° с.д.м. было впервые измерено дифференциальное сечение протонов для передаваемого импульса 90 fm^{-2} . Дифференциальное сечение в с.д.м. оказалось равным

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} (\theta = 169^\circ) = (1,15 \pm 0,29) \cdot 10^{-31} \text{ см}^2/\text{стерад.}$$

Отношение полученного сечения к квазиупругому сечению составляет $(2,5 \pm$

+ 5) 10^{-6} , что по порядку величины близко к оценке, данной Д.И.Блохинцевым ($2 \cdot 10^{-5}$).

6. Оценка предела вероятности процесса образования тетранейтрона произведена в опытах по захвату отрицательных пионов ядрами ^{12}C с испусканием ядер лития-8 и бора-8. Этот предел получен равным

$$R = \frac{\pi^- + {}^{12}\text{C} \rightarrow {}^8\text{B} + \text{п}^4}{\pi^- + {}^{12}\text{C} \rightarrow \text{все каналы}} < 2,6 \cdot 10^{-6},$$

что на два порядка меньше величины, найденной в реакции $\pi^- + {}^7\text{Li} \rightarrow {}^3\text{He} + \text{п}^4$, которая изучалась американскими физиками.

7. Опыты по поиску радиационных распадов резонансов с участием странных частиц проводились с помощью метровой пропановой камеры, экспонированной в пучке отрицательных пионов с импульсом 5 Гэв/с от синхрофазотрона. Получено около 1500 событий типа $\Lambda \gamma$ и $\text{K}^0 \gamma$, производится также набор событий типа $\Lambda \gamma \gamma$. Полученные данные обрабатываются и анализируются.

8. Исследование процесса обратного электророждения пиона $\pi^- + \text{p} \rightarrow \text{e}^+ + \text{e}^- + \text{п}$ проводится с целью получения сведений об электромагнитной структуре пиона во времениподобной области при небольших передаваемых импульсах. Проведенные расчеты для энергии пионов 300 Мэв показали, что эффекты, обусловленные структурой, должны примерно на 40% изменить дифференциальное сечение по сравнению с сечением, соответствующим точечному взаимодействию. Экспериментальная ус-

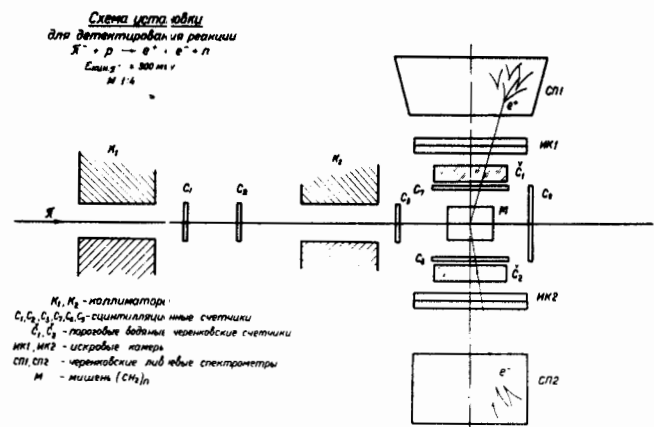


Рис.17. Схема эксперимента для исследования процесса обратного электророждения π^- -мезонов.

тановка состоит из сцинтилляционных счетчиков, водяных черенковских детекторов, искровых камер и ливневых спектрометров и обладает большой светосилой для регистрации трехчастичных процессов. На рис.17 представлена схема эксперимента. При окончательной идентификации реакции проводится амплитудно-временной анализ и восстанавливается точка взаимодействия. Предварительные измерения с мишенью из $(\text{CH}_2)_n$ дали значение верхней границы сечения процесса $5 \cdot 10^{-32} \text{ см}^2/\text{стерад на нуклон}$.

Слабые и электромагнитные взаимодействия с участием мезонов

Характерным для исследования в 1967 году мю-захвата ядрами является переход к исследованию различных ветвей процессов, вызванных мю-мезонами.

1. Вероятность испускания двух нейтронов в процессе захвата отрицательных мюонов ядрами ^{32}S и ^{40}Ca измерена путем регистрации продуктов распада ядер ^{30}P и ^{38}K без предварительного их выделения из облученной мишени с помощью электроники. Вероятность вылета двух нейтронов мала, она составляет для обоих ядер величину $\approx 5\%$ и находится в соответствии с представлениями о доминирующей роли однонуклонного механизма захвата мюонов.
2. Измерения вероятности захвата отрицательных мюонов ядром ^{56}Fe без испускания нейтрона проведены методом радиохимии путем химического выделения образующихся радиоактивных ядер $\text{Mn}-56$ и определения их числа. Установлено, что вероятность захвата без испускания нейтрона составляет $(16 \pm 3)\%$. Эта величина противоречит расчетам на основе статистической модели ядра и оказывается существенно меньше предсказываемой.
3. Вероятность захвата отрицательных мюонов ядрами неона с испусканием заряженных частиц измерена с помощью изотропной разрядной камеры с рабочим объемом 200 л, заполненной неоном при атмосферном давлении. При этом энергетический порог регистрации протонов составлял 1 Мэв. Анализ фотографий показал, что вероятность испускания заряженных частиц в процессе захвата мюонов в неоне составляет $(19 \pm 3)\%$ от полной вероятности захвата. Сравнение этого ре-

зультата с экспериментальными данными, соответствующими более высокому энергетическому порогу регистрации заряженных частиц, позволяет сделать вывод о значительной вероятности испускания заряженных частиц после захвата мюонов ядрами неона с энергией меньше 5 Мэв. Это - первое измерение испускания заряженных частиц при мю-захвате на определенном ядре (в ранее проведенных другими авторами опытах использовались ядерные эмульсии).

4. Для исследования захвата отрицательных мюонов газообразным водородом создан комплекс аппаратуры, включающей газовую мишень высокого давления с внутренними сцинтилляторами, сцинтилляционные детекторы нейтронов и электронную аппаратуру. Проведена калибровка нейтронных детекторов в ЛНФ с помощью монохроматических источников нейтронов (реакции $dd \rightarrow {}^3\text{He} n$ и $dT \rightarrow {}^4\text{He} n$). Установка собрана на новом направлении мезонного канала в низкофоновой лаборатории, созданной в 1967 году, и начаты наладочные измерения. Кроме того, с целью определения начального состояния мезоатома, из которого происходит захват, выполнен эксперимент по определению скорости образования мезомолекул $p\bar{p}\mu$ в газообразном водороде.
5. Изучение зависимости остаточной поляризации отрицательных мюонов в воде от температуры в интервале от -196° до $+100^\circ\text{C}$. С помощью электроники измерялся коэффициент асимметрии в угловом распределении электронов от мю-распада при остановке мюонов в воде, пропорциональный величине остаточной поляризации мюонов, при изменении температуры воды в широком интервале. Изменение остаточной поляризации мюонов с температурой и ее рост не могут быть объяснены в рамках существующей теории деполяризации мюонов в мезоатомных каскадных переходах. Полученные результаты свидетельствуют о необходимости учета взаимодействия образующегося мезоатома со средой.
6. Для исследования рентгеновских спектров мезоатомов чистых элементов и химических соединений создана установка, включающая германиевый детектор и наносекундную электронику. В диапазоне энергий 50-200 кэв достигнуто разрешение ≈ 3 кэв, которое более чем в десять раз лучше разрешения сцинтилляционного детектора с NaJ . Это позволило разделить К-линии серии Лаймана в рентгеновских спектрах мезоатомов азота и кислорода.

Наиболее интересными являются следующие теоретические работы, выполненные в лаборатории.

а) Проведенный анализ показал, что современные экспериментальные данные не исключают 10% нарушения закона сохранения лептонного заряда. Было доказано, что в случае несохранения лептонного заряда должны иметь место нейтринные осцилляции в вакууме типа $\nu \rightleftharpoons \bar{\nu}$, и, может быть, $\nu_\mu \rightleftharpoons \nu_e$, подобно осцилляциям $K^0 \rightleftharpoons \bar{K}^0$, если массы покоя нейтрино отличны от нуля и различны для разных типов нейтрино. Оказалось, что экспериментальное исследование таких процессов является самым чувствительным методом изучения вопроса о сохранении лептонного заряда. Наблюдение нейтринных осцилляций можно осуществить, в частности, путем исследования солнечных нейтрино. Кроме того, в исследованиях на ускорителях в свете вышесказанного представляет интерес поиск редкого процесса $\mu \rightarrow e + \gamma$ на уровне 10^{-9} от полной вероятности распада мюона.

б) Предложен комплекс экспериментов на поляризованной протонной мишени с мезонами, нуклонами и антинуклонами, позволяющий осуществить прямую экспериментальную проверку G_T , P -и CPT -инвариантности сильных взаимодействий при высоких энергиях. Рассмотрены чувствительные методы проверки CPT -теоремы при изучении распадов K^0 -мезонов. Исследованы спиновые эффекты в регенерации K^0 -мезонов. Получены также формулы для прямого восстановления амплитуд пион-нуклонного и нуклон-нуклонного рассеяния вперед, свободные от предположений об отсутствии спиновой зависимости амплитуд. Указан набор поляризационных экспериментов для получения этих данных.

Исследование свойств и квантовых характеристик искусственно-радиоактивных деформированных атомных ядер

Основным направлением этих исследований является изучение свойств радиоактивных изотопов, полученных на синхротроне. Наряду с этим проводятся эксперименты по химии астатина и химии "горячих" атомов. Программа исследований выполняется при широком сотрудничестве со многими экспериментальными группами стран-участниц.

В лаборатории используется целый ряд современных приборов. Кроме созданных ранее альфа- и бета-спектрометров высокого класса, в 1967 году были созданы и использовались в опытах германиевые полупроводниковые гамма-спектрометры, установка для измерения времени жизни уровней с $2\tau = 0,3 \cdot 10^{-9}$ сек, установка для $e-\gamma$ -совпадений и др.

Лаборатория активно сотрудничает с рядом институтов стран-участниц. С помощью радиоактивных препаратов, получаемых на синхроцикло-

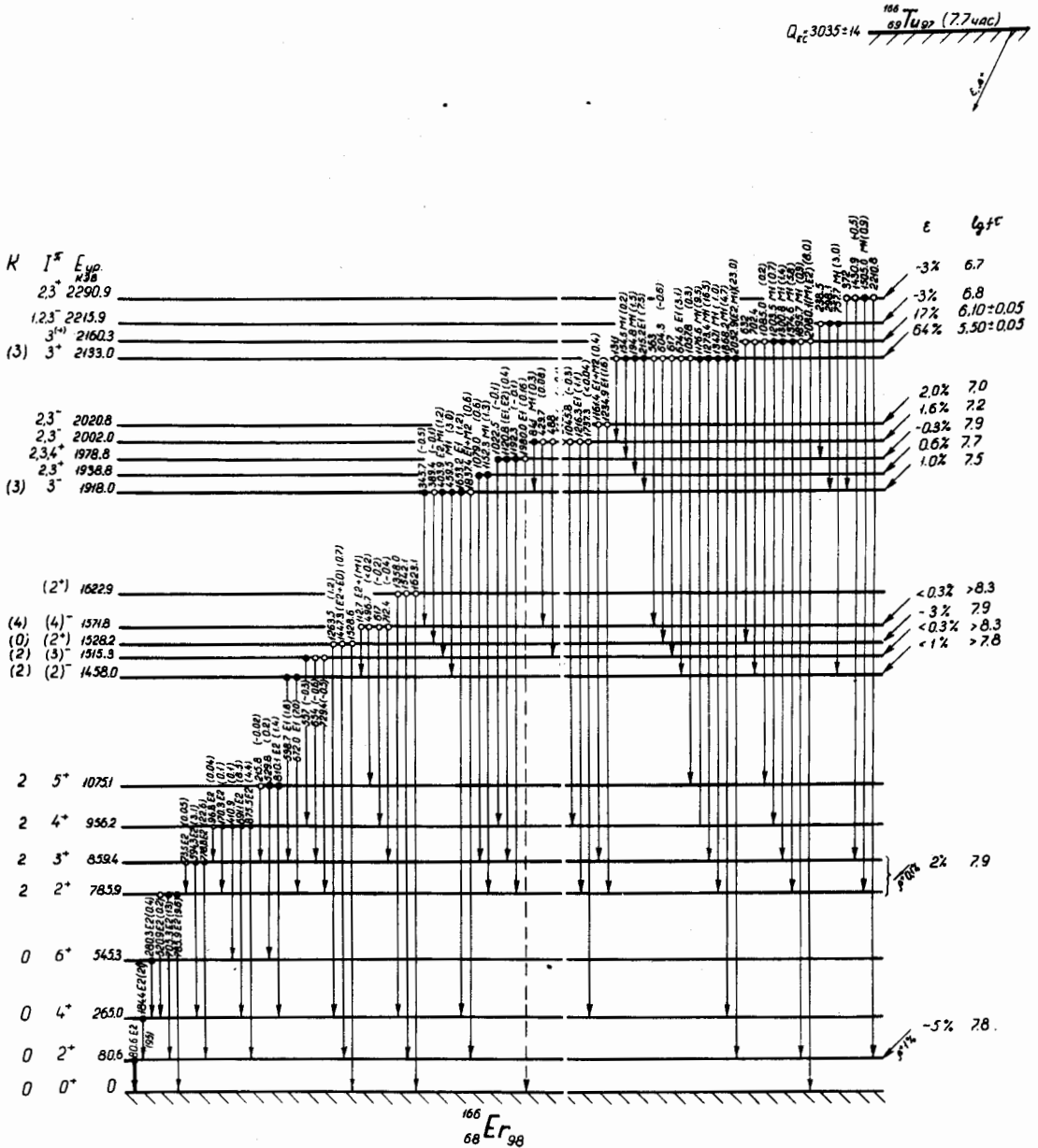


Рис.18. Схема распада ^{166}Tm . В совместных исследованиях Лаборатории ядерных проблем и Института Н.Бора получены наиболее детальные сведения о распаде этого изотопа. Установлено существование гамма-вибрационной вращательной плоскости, октупольного вибрационного уровня, двухквантового уровня, четырехквантового уровня.

троне, ученые многих институтов стран-участниц выполняют большое число как совместных, так и самостоятельных исследований. В 1967 году лаборатория отправила в институты стран-участниц более 90 посылок с радиоактивными изотопами: в Варшаву, Люблин, Краков, Дебрецен, Дрезден, Ташкент, Алма-Ату и др., а также в институт Нильса Бора в Копенгагене и Институт физики в Гетеборге (Швеция).

1. Схема распада ядра ^{166}Tl . Завершен большой цикл работ, выполненных совместно с Институтом Н.Бора, которые позволили построить наиболее полную и сложную схему распада тулия-166. Схема распада тулия-166 представлена на рис.18.

Детальные исследования спектров излучения, возникающего при распаде изотопов $\text{Er}-158$ и $\text{Ho}-158$, позволили установить схемы распадов этих изотопов. Успех этих экспериментов связан в значительной мере с совместным использованием нескольких приборов: современного гамма-спектрометра на кристалле германия, β -спектрометра с двухкратной фокусировкой и установок $e-\gamma$ и $\gamma-\gamma$ совпадений.

2. Определение квантовых характеристик уровней. Осуществлена идентификация двухквазичастичного уровня типа $4f$ в ядре $\text{Dy}-158$, в ядре $\text{Er}-163$ открыты два трехквазичастичных состояния. Указанные уровни были предсказаны сверхтекучей моделью ядра, развиваемой в ЛТФ.

3. Для поиска и изучения короткоживущих изотопов с периодом полураспада < 30 минут были разработаны экспрессные методы химического выделения изотопов, создана скоростная пневмопочта. Кроме того, были использованы полупроводниковые спектрометры и спектромет-

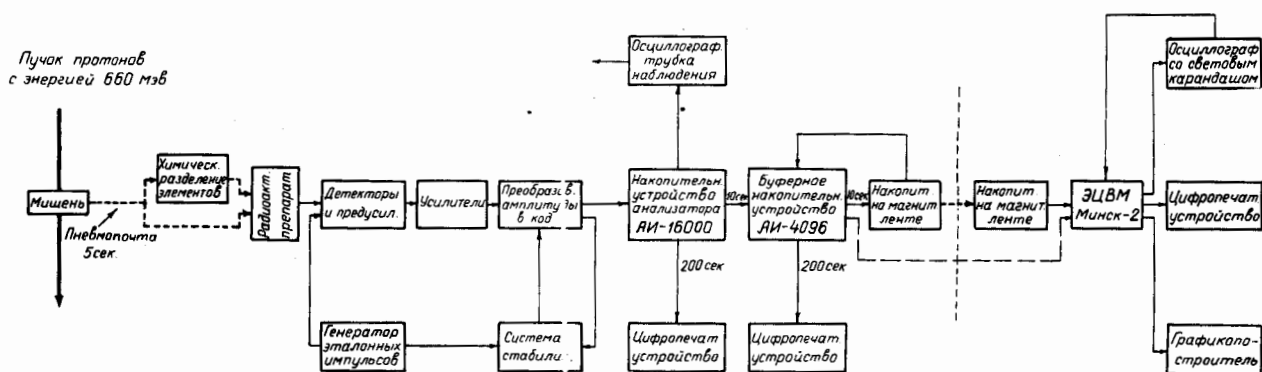


Рис.19. Схема опытов, в которых были получены и изучены квантовые характеристики четырнадцати новых короткоживущих изотопов.

ры с кристаллом NaJ . Амплитудный анализ осуществлялся многокальными анализаторами центра обработки и накопления информации, связанными с вычислительной машиной. Схема опытов по изучению короткоживущих изотопов показана на рис.19. Авторам этих работ удалось открыть четырнадцать новых изотопов и изомеров: ^{140m}Pm , ^{140}Pm , ^{140}Sm , ^{141m}Pm , ^{141}Sm , ^{159}Tm , ^{161m}Tm , ^{163m}Tm , ^{165m}Tm , ^{163}Yb , ^{166m}Yb , ^{166}Lu , ^{166}Hf , ^{167}Hf . При этом получены некоторые важные сведения о физических свойствах изотопов. Например, наблюдался К-запрещенный изомер ядра $\text{Yb} - 166$.

4. При изучении свойств нейтронодефицитных изотопов в редкоземельной области получены новые экспериментальные данные, указывающие на то, что ядра переходной области, особенно их высокие возбужденные уровни, обнаруживают свойства, характерные для деформированных ядер. В этой области плодотворные исследования нейтронодефицитных изотопов тербия велись в сотрудничестве с Институтом Н.Бора. Кроме того, при изучении нейтронодефицитных изотопов неодима и празеодима идентифицированы три новых изотопа: $\text{Pr} - 138$ ($T_{1/2} = 1,5$ мин), $\text{Nd} - 137$ ($T_{1/2} = 22$ мин) и $\text{Nd} - 136$ ($T_{1/2} = 55$ мин).

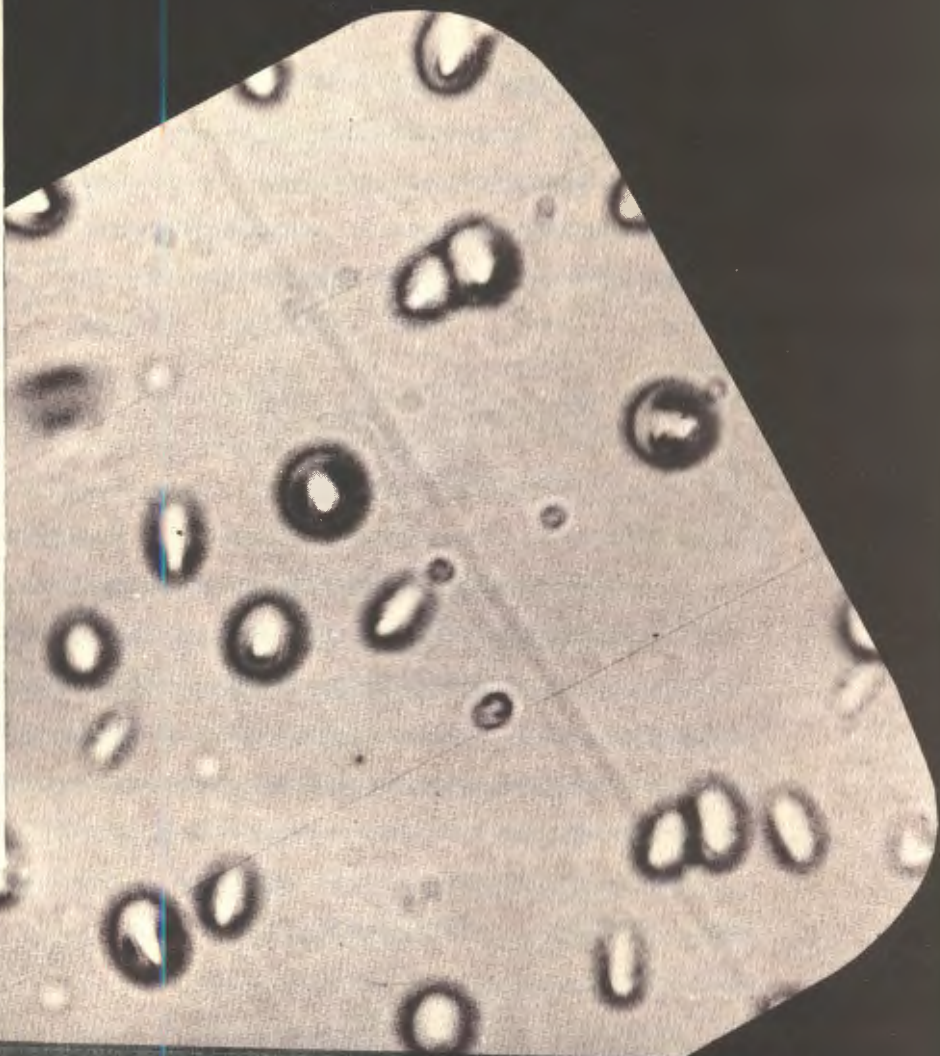
5. Радиохимические исследования. Разработаны новые методы выделения радиоактивных изотопов:

1) Быстрое отделение короткоживущих дочерних изотопов и изомеров от материнских элементов в области редких земель; метод позволяет выделять изотопы редкоземельных элементов за 30 секунд с чистотой не хуже 0,1% и выходом 70%.

2) Быстрое выделение редкоземельных продуктов ядерных реакций из материала мишени при использовании комплексных и труднорастворимых соединений редких земель; применение этого метода в значительной степени определило успех работ по обнаружению короткоживущих изотопов.

Закончена работа по определению констант нестойкости астата и получены первые количественные данные о прочности химических соединений катиона этого нестабильного элемента.

В области изучения химических продуктов реакции глубокого расщепления (химия "горячих" атомов) успешно завершён первый этап опытов с элементом рением.



Лаборатория ядерных реакций

В 1967 году научно-исследовательские работы Лаборатории ядерных реакций велись в следующих основных направлениях:

1. Синтез трансурановых элементов и исследование свойств их радиоактивного распада.
 2. Изучение природы аномального спонтанного деления ядер в изомерном состоянии.
 3. Исследование протонно-радиоактивных ядер.
 4. Изучение механизма взаимодействия тяжелых ионов с ядрами (реакции передачи, деление ядер).
 5. Ядерная спектроскопия.
- Эксперименты проводились на циклотроне У-300.

Синтез изотопов трансурановых элементов и исследование свойств их радиоактивного распада

Были синтезированы и изучены свойства радиоактивного распада элементов $^{251}_{102}$, $^{256}_{103}$, $^{257}_{103}$. Эксперименты проводились на выведенном пучке 310-сантиметрового циклотрона с помощью метода адсорбции ядер отдачи из газовой струи.

Элемент 102. В 1963–1966 годах в Лаборатории ядерных реакций был проведен цикл работ, в которых синтезировались изотопы 102-го элемента и исследовались энергии альфа-излучения, периоды полураспада, спонтанное деление и химические свойства. Было синтезировано 5 изотопов 102-го элемента с массами 252–256.

В 1967 году при облучении мишеней ^{233}U , ^{235}U и ^{239}Pu ионами ^{22}Ne , ^{20}Ne и ^{18}O , соответственно, был синтезирован изотоп 102-го элемента с массой 251. Изучение его радиоактивных свойств показало, что период полураспада и энергия α -частиц ($T_{1/2} = 0,5+1$ сек, $E = 8,6$ Мэв) противоречит результатам, указанным шведской группой ученых в 1957 году ($T_{1/2} = 10$ мин, $E = 8,5 \pm 0,1$ Мэв). В 1967 году группа американских физиков (Беркли, США) воспроизвела все результаты, полученные в Лаборатории ядерных реакций.

Из имеющейся в настоящее время всей совокупности данных по изотопам элемента 102 следует вывод об ошибочности всех работ по 102-му элементу, проведенных в период с 1957 по 1961 год в различных лабораториях (рис.20).

Таким образом, местом открытия 102-го элемента является Лаборатория ядерных реакций Объединенного института ядерных исследований. Авторы работ, проведенных в лаборатории, предлагают назвать 102-ой элемент "Жолио" в честь выдающегося физика Фредерика Жолио-Кюри, открывшего искусственную радиоактивность атомных ядер и внесшего большой вклад в исследование цепных ядерных реакций.

Z	1957	1958	1959	1961	1963	1965	1966	1967	
251	$E_{\alpha} = 8,5 \pm 0,1$ Мэв $T_{1/2} = 10$ мин Стокгольм ¹	$T_{1/2} \ll 10$ мин Беркли ³						$E_{\alpha} = 8,60$ Мэв (80%) $8,88$ Мэв (20%) $T_{1/2} = 0,8 \pm 0,3$ сек. Беркли ¹⁷	$E_{\alpha} = 8,6$ Мэв $T_{1/2} = 0,5 - 1,0$ сек Дубна ¹⁸
252							$E_{\alpha} = 8,4$ Мэв $T_{1/2} = 4,3 \pm 1,5$ сек Дубна ¹³	$E_{\alpha} = 8,4$ Мэв $T_{1/2} = 2,3 \pm 0,2$ сек $SF_{1/2} = 0,5$ Беркли ¹⁷	$E_{\alpha} = 8,4$ Мэв $T_{1/2} = 3$ сек $SF_{1/2} < 0,5$ Дубна ¹⁹
253	$E_{\alpha} = 8,5 \pm 0,1$ Мэв $T_{1/2} = 10$ мин. Стокгольм ¹	$T_{1/2} \ll 10$ мин ² $E_{\alpha} = 8,9 \pm 0,4$ Мэв $T_{1/2} = 2 - 40$ сек Москва ²					$E_{\alpha} = 8,0$ Мэв $T_{1/2} = 9,5 \pm 1,0$ сек. Дубна ¹³	$E_{\alpha} = 8,0$ Мэв $T_{1/2} = 10,5 \pm 2,0$ сек Беркли ¹⁷	
254		$T_{1/2} = 3$ сек Беркли ⁴	$E_{\alpha} = 8,3$ Мэв $T_{1/2} = 3$ сек $T_{SF} = 6$ сек Беркли ⁵			$E_{\alpha} = 8,10$ Мэв ¹⁰ $T_{1/2} = 5,0$ сек ¹⁰ Дубна	$E_{\alpha} = 8,11$ Мэв $T_{1/2} = 7,5 \pm 1,5$ сек $T_{SF} > 25$ сек ¹¹ Дубна ^{13,21}	$E_{\alpha} = 8,10$ Мэв $T_{1/2} = 3,5 \pm 0,5$ сек Беркли ¹⁷	
255			$E_{\alpha} = 8,5$ Мэв $T_{1/2} = 10$ мин Стокгольм ⁶	$E_{\alpha} = 8,2$ Мэв $T_{1/2} = 15$ сек Беркли ⁷			$E_{\alpha} = 8,09$ Мэв $T_{1/2} = 18,0 \pm 2,0$ сек Дубна ^{14,15}	$E_{\alpha} = 8,11$ Мэв $T_{1/2} = 18,5 \pm 2,0$ сек Беркли ¹⁷	$E_{\alpha} = 8,09$ Мэв $T_{1/2} = 18,0 \pm 1,5$ сек Дубна ¹⁹
256					$T_{1/2} = 8$ сек ⁸ $T_{SF} = 1500$ сек ⁹ Дубна	$T_{SF} = 1500$ сек. Дубна ¹²	102-актинид ¹⁶ $T_{1/2} > 20$ мин ¹¹ $E_{\alpha} = 8,43$ Мэв $T_{1/2} = 6 \pm 2$ сек. Дубна ^{13,22}	$E_{\alpha} = 8,43$ Мэв $T_{1/2} = 3,2 \pm 0,2$ сек Беркли ¹⁷	$E_{\alpha} = 8,43$ Мэв $T_{1/2} = 3,7 \pm 0,5$ сек Дубна ²⁰
257								$E_{\alpha} = 8,23$ Мэв (50%) $8,27$ Мэв (50%) $T_{1/2} = 2,3 \pm 0,2$ сек Беркли ¹⁷	

Рис.20. Хронология исследования изотопов 102-го элемента.

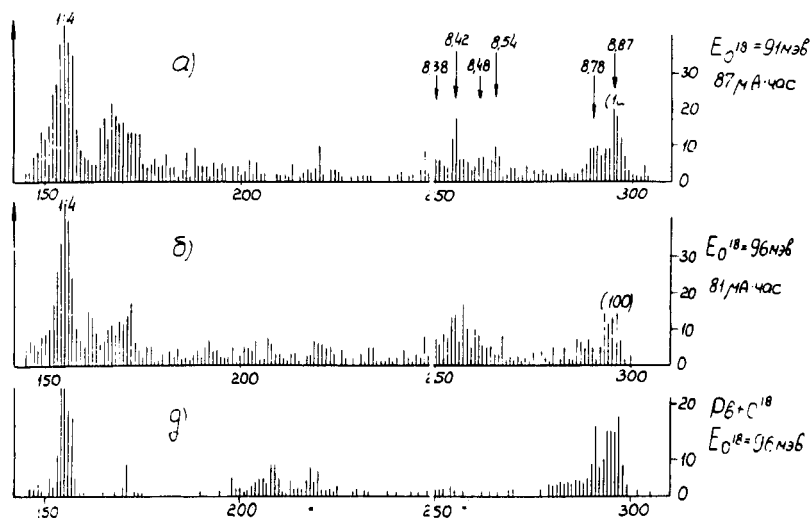


Рис.21. а, б) Спектр α - частиц, полученных при облучении ^{248}Am ионами ^{18}O с энергией 91 и 96 Мэв.

Группа α - частиц с энергией $8,35 \leq E_{\alpha} \leq 8,5$ Мэв относится к изотопу $^{256}\text{103}$. д) Контрольный опыт на свинце.

Элемент 103. В реакции $^{243}\text{Am}(^{18}\text{O}, 5n) ^{256}\text{103}$ был синтезирован изотоп 103-го элемента с массой 256, испытывающий α -распад ($T_{1/2} = 35$ сек; $8,35 \leq E_{\alpha} \leq 8,5$ Мэв) (рис.21).

В исследовании реакции $^{243}\text{Am}(^{18}\text{O}, 4n) ^{257}\text{103}$ была предпринята попытка синтезировать изотоп $^{257}\text{103}$, о синтезе которого в 1961 году сообщила группа американских физиков (Беркли, США). В экспериментах не

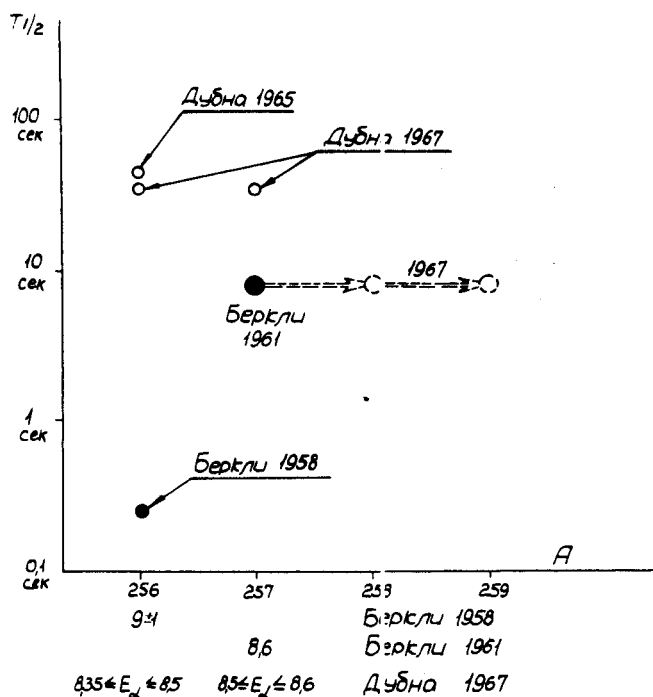


Рис.22. Хронология исследований изотопов элемента 103.



Рис.23. Установка для исследования короткоживущих α -активных трансфермиевых элементов. Продукты реакций собираются на тонкие сборники, позволяющие проводить эксперименты в геометрии, близкой к 4π .

была обнаружена активность со свойствами, указанными в американской работе ($E = 8,6$ Мэв, $T_{1/2} = 8 \pm 2$ сек). Опыты показали, что свойства синтезированного в лаборатории изотопа $^{257}_{103}$ близки к свойствам изотопа $^{256}_{103}$ ($T_{1/2} \approx 35$ сек; $8,5 \leq E_{\alpha} \leq 8,6$ Мэв). Данные по 103-му элементу представлены на рис.22.

Элемент 105. В лаборатории начаты эксперименты по синтезу α -активных изотопов 105-го элемента. С помощью усовершенствованной методики газового собирания ядер отдачи время собирания атомов было уменьшено до 0,1 сек, а эффективность действия установки повышена в 4 раза. Предварительные данные показали, что энергия α -частиц при альфа-распаде 105-го элемента (изотоп 259,260) находится в интервале $E = 9,45 \pm 0,15$ Мэв, а период полураспада $T_{1/2} \leq 0,1$ сек.

Изучение природы аномального спонтанного деления ядер в изомерном состоянии

Исследования спонтанно делящихся изомеров проводились по двум направлениям:

- поиски новых спонтанно делящихся изомеров,
- изучение свойств известных изомеров.

В работе, проводимой совместно с группой сотрудников Института Нильса Бора (Дания) на тандем-генераторе, был обнаружен в реакции ($p, 2n$) новый спонтанно делящийся изомер ^{238}Am с периодом полураспада 60 μ сек с энергией возбуждения 3–4 Мэв. Оказалось, что периоды полураспада известных изомеров Am с массовыми числами 238, 240, 242, 244 обнаруживают характерную зависимость от параметра делимости Z^2/A , подобную известной зависимости в случае четно-четных ядер.

Совместно с группой физиков Института атомной физики (Бухарест) на циклотроне проводились опыты по измерению сечения образования спонтанно делящегося изомера ^{242}Am в реакции $^{241}\text{Am}(n, \gamma) ^{242m f}\text{Am}$. Было установлено, что сечение образования изомера резко растет с увеличением энергии нейтронов от 0 до 1,5 Мэв, достигая величины 10^{-29}см^2 , а при дальнейшем увеличении энергии снова падает (рис.24). Такой пороговый ход сечения согласуется с ранее высказанной гипотезой об "изомерии формы". Эта гипотеза также подтверждается исследованиями реакций (d, p) и (d, t) на ядрах ^{241}Am и ^{243}Am , которые проводились совместно с группой датских физиков.

На циклотроне У-300 продолжалось изучение свойств спонтанно делящегося изомера ^{246}Cf , синтезированного в реакции $^{238}\text{U}(^{12}\text{C}, 4n)^{246m f}\text{Cf}$. Сравнение функций возбуждения, приводящих к образованию основного и изомерного состояний ^{246}Cf , позволило оценить энергию изомерного состояния, которая оказалась равной $2,5 \pm 0,5$ Мэв. Это говорит о том, что $^{246m f}\text{Cf}$ принадлежит, по-видимому, к тому же классу изомеров, что и известные спонтанно делящиеся изомеры Am .

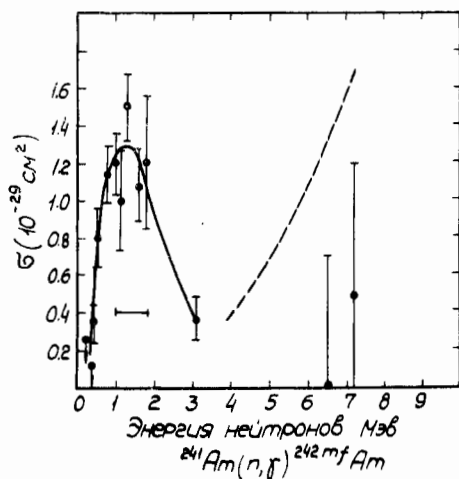
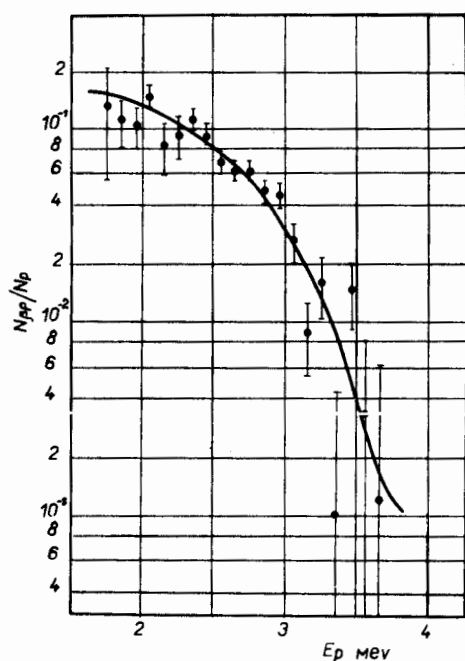
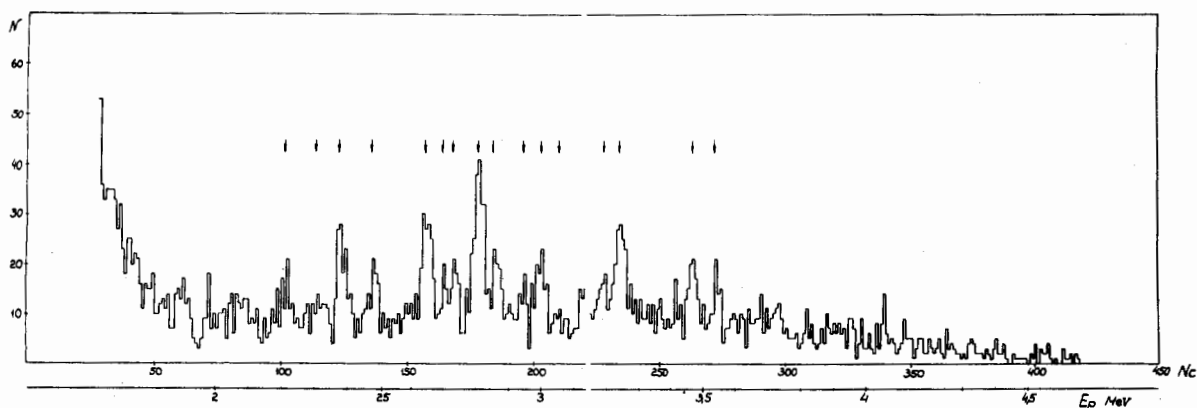


Рис.24. Сечение образования спонтанно делящегося изомера ^{242}Am в реакции $^{241}\text{Am}(n, \gamma) ^{242m f}\text{Am}$.

Исследование протонно-радиоактивных ядер

Изучались запаздывающие протоны для ^{111}Te ($T_{1/2} = 19,5$ сек), который получался в реакции $^{102}\text{Pd}({}^2\text{C}, 3n)$. Проводилось одновременное измерение спектров протонов в совпадении с позитронами и без совпадений (рис.25,26). Эти спектры существенно различаются, так как совпадения выделяют только позитронную ветвь распада ^{111}Te . Отношение интенсивностей в этих двух спектрах определяется отношением вероятностей позитронного распада и К-захвата ^{111}Te в протонно-нестабильные состояния ^{111}Sb . Измеренные отношения интенсивностей протонов сравнивались с расчетной функцией энергии, параметром которой является величина $Q_0 - V_p$ (Q_0 - энергия К-захвата, V_p - энергия связи протона в ^{111}Sb). Для $Q_0 - V_p$ получено значение $(5,07 \pm 0,07)$ Мэв. Этот результат использовался для проверки предсказаний различных полуэмпирических



▲ Рис.25. Спектр запаздывающих протонов для ^{111}Te , измеренный с помощью поверхностно-барьерного кремниевого детектора.

◀ Рис.26. Отношение протонных интенсивностей для ^{111}Te в случаях регистрации совпадений протонов с позитронами и без совпадений как функция энергии. Теоретическая кривая рассчитана в предположении, что полная энергия β^+ -распада $Q_0 - V_p = 5,07$ Мэв.

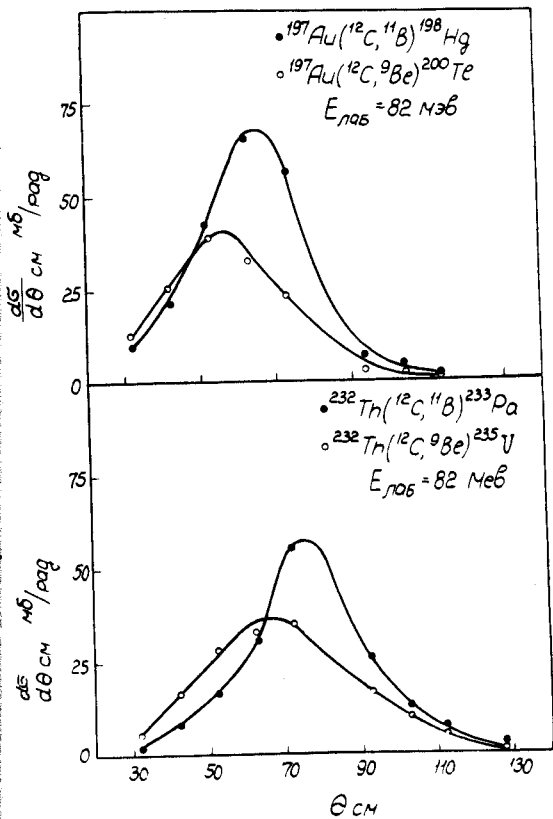


Рис.27. Угловые распределения реакций передачи группы нуклонов (^{12}C , ^9Be) и передачи протона (^{12}C , ^{11}B).

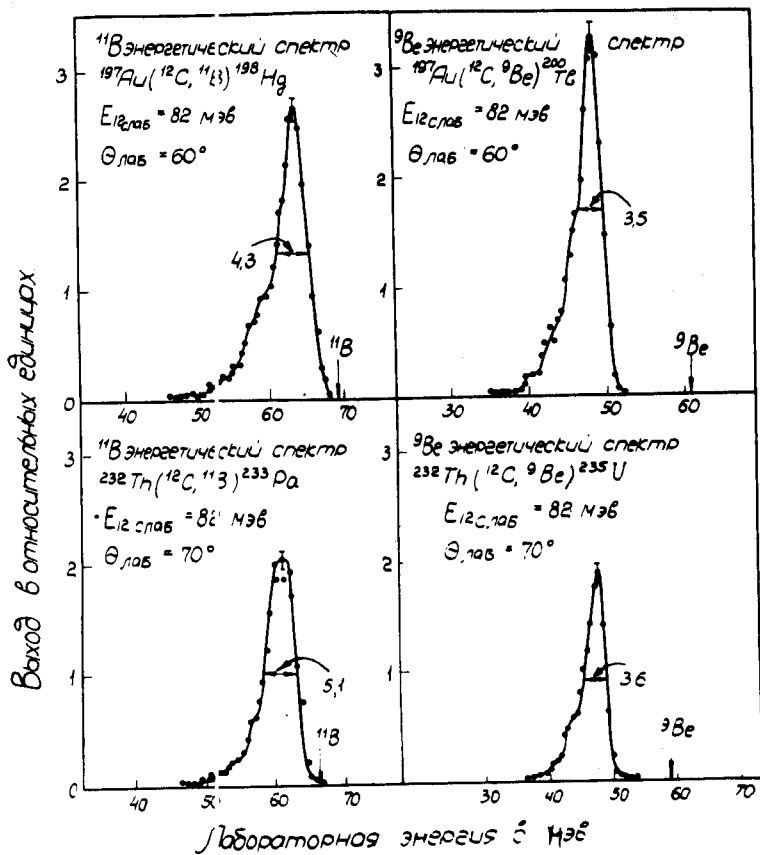


Рис.28. Энергетические спектры при передаче ^9Be и протона при облучении ^{197}Au и ^{232}Th ионами ^{12}C .

формул для масс ядер. Такая проверка является более чувствительным методом, чем сравнение расчетов с экспериментом для ядер в районе дорожки стабильности. Удаление от области стабильности делает более заметными тонкие детали расчетов. Оказалось, что к эксперименту наиболее близки расчеты по Зельдесу и Гарви-Кельсону.

Изучение механизма взаимодействия тяжелых ионов с ядрами

Проводились эксперименты по исследованию механизма прямых ядерных реакций под действием тяжелых ионов.

1. Передача нуклона и нуклонных групп при взаимодействии ускоренных ионов ^{12}C , ^{14}N , ^{15}N с ядрами ^{232}Th и ^{197}Au . Во всех случаях для этих двух ядер отношение сечений реакций подхвата нейтрона (^{12}C , ^{13}C) на четыре порядка больше, чем отношение сечений подхвата протона (^{12}C , ^{13}N), хотя структура конечных ядер в обоих случаях почти тождественна. Предполагается, что этот эффект связан с поляризацией волновой функции слабо связанного протона в ядре ^{13}N кулоновским полем тяжелого ядра-мишени.

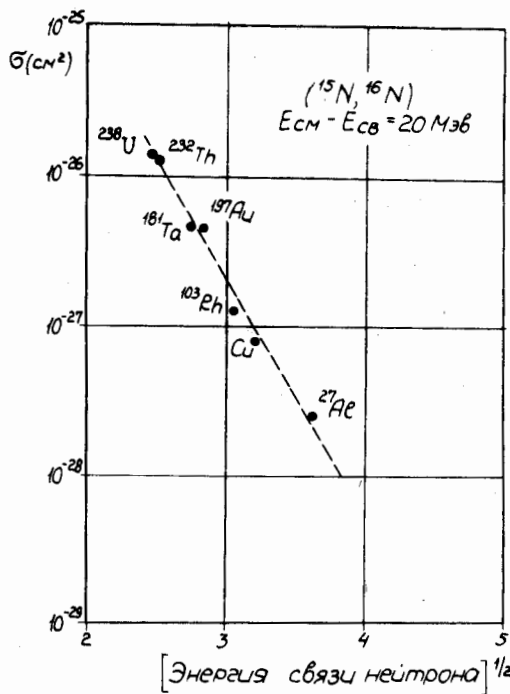


Рис.29. Зависимость сечения реакции передачи нейтрона от энергии связи передаваемого нейтрона.

Сечение передачи группы нуклонов (^{12}C , ^9Be) оказалось сравнимым с сечением передачи протона (^{12}C , ^{11}B). Угловые распределения обеих реакций также близки (рис.27). Энергетический спектр при передаче ^3He оказался уже, чем при передаче протона (рис.28). Можно предположить, что в реакции (^{12}C , ^9Be) происходит возбуждение "кластерного" уровня, отвечающего состоянию, в котором группа нуклонов движется по близким нуклонным орбитам. Энергия возбуждения таких состояний оказалась равной 14 МэВ для ^{197}Au и 13 МэВ для ^{232}Th .

2. Изучение реакции передачи нейтрона (^{15}N , ^{16}N) и реакций обмена (^{16}O , ^{16}N) проводилось на ряде ядер: ^{12}C , ^{27}Al , $^{63,65}\text{Cu}$, ^{103}Rh , ^{181}Ta , ^{197}Au , ^{232}Th , ^{238}U . Сечение реакции передачи нейтрона при энергиях выше кулоновского барьера изменяется от десятых долей миллибарна до десятков миллибарна. Основной величиной, определяющей сечение реакции, является энергия связи нейтрона. На графике $\ln \sigma_{\text{полн.}} = f(E_{\text{св}}^{1/2})$ точки для всех изученных элементов ложатся на прямую (рис.29). Измеренное сечение реакций обмена (налетающее ядро

Реакция	E_p (МэВ)	Z^2/A	E^* (МэВ)	$\langle G^2 \rangle$	ν	$\langle c \rangle$
$\text{Bi}^{209}(\text{Ne}^{20}, f)$	200	37.7	100	710	10.8	0.56
$\text{U}^{238}(\text{Ne}^{20}, f)$	200	40.5	120	2280	12.6	3.35
	180	40.5	95	1660	11.5	2.92
	130	40.5	65	1130	8.9	2.72
$\text{U}^{238}(\text{Ar}^{40}, f)$	300	43.5	110	2790	13.3	3.0
	250	43.5	75	1980	10.6	2.9

Рис.30. Результаты обработки измеренных массовых распределений для реакций $^{209}\text{Bi}(\text{Ne}^{20}, f)$, $^{238}\text{U}(\text{Ne}^{20}, f)$, $^{238}\text{U}(\text{Ar}^{40}, f)$.

Рис.31. Массовые распределения осколков деления в реакции $^{238}\text{U}(^{20}\text{Ne}, f)$ при трех значениях энергии бомбардирующей частиц.

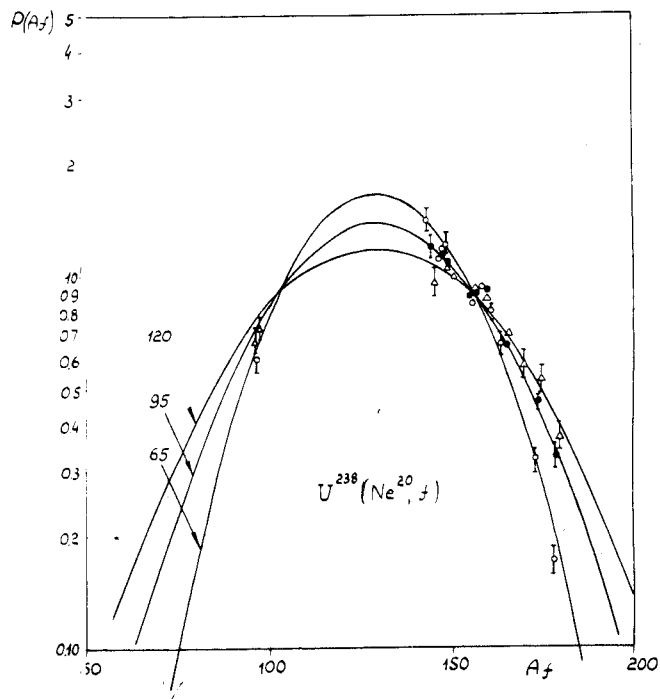
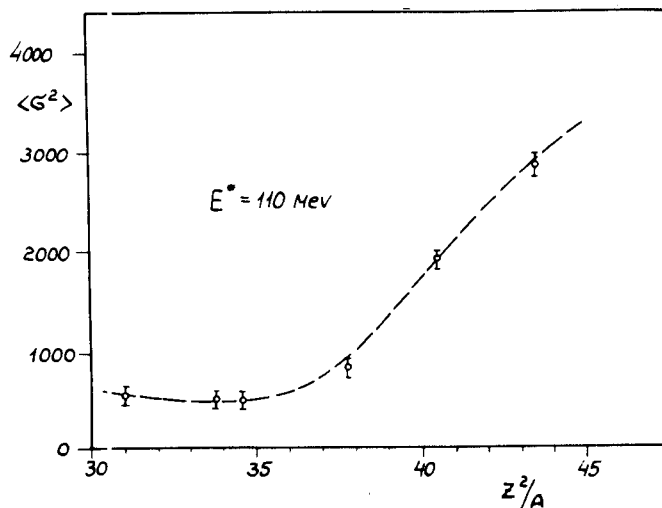


Рис.32. Зависимость ширины массового распределения σ^2 от параметра Z^2/A при энергии возбуждения делящихся ядер $E = 110$ Мэв.



отдает протон и подхватывает нейтрон) оказалось намного больше, чем ожидали, исходя из предположения о независимой передаче нуклонов. При изучении подхвата ^4He в реакции $^{27}\text{Al}(^{12}\text{C}, ^{16}\text{O})$ сечение реакции оказалось на два порядка меньше сечения реакции подхвата ^4He в реакции $^{27}\text{Al}(^{14}\text{N}, ^{18}\text{F})$, что указывает на роль нуклонных ассоциаций в передаче групп нуклонов.

3. Проводилось изучение особенностей реакции деления тяжелых ядер при высоких энергиях возбуждения. С помощью $\text{Ge}(\text{Li})$ -спектрометра изучался выход различных изотопов, образующихся при делении ядер Au , Bi , U ускоренными ионами ^{16}O , ^{20}Ne , ^{40}Ar при различных энергиях. Из результатов измерений получены массовые распределения оскол-

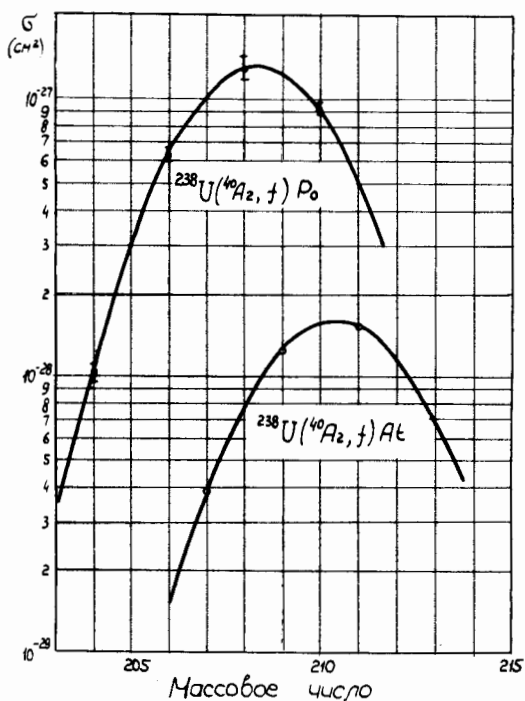


Рис.33. Изотопное распределение ядер Po и At в реакции $^{238}U(^{40}Ar, f)$.

ков деления, имеющих различную температуру и параметр делимости Z^2/A . Во всех случаях кривые массового распределения осколков имеют вид распределений Гаусса, ширина которых существенно зависит от энергии возбуждения и Z^2/A (рис.30,31,32). Исследовалась также применимость различных моделей зарядового распределения осколков. Показано, что лучшее согласие получается при использовании модели, которая описывает зарядовое распределение, исходя из минимума потенциальной энергии ядра в точке разрыва. При этом получается разумное число нейтронов, испаряющихся при делении.

4. Изучалась также закономерность образования α -активных осколков деления астатина и полония в реакциях $^{238}U(^{22}Ne, f)$ и $^{238}U(^{40}Ar, f)$ в результате сильно асимметричного деления. Показано, что величина сечения образования Po и At ниже значений, полученных из распределений Гаусса, что может быть связано с заметной вероятностью канала деления этих ядер при каскадном испускании нейтронов тяжелыми осколками. Это согласуется с выполненным ранее циклом работ по тройному делению ядер. Из изотопных распределений ядер Po и At , представленных на рис.33, следует, что использование процесса деления под действием тяжелых ионов является хорошим методом синтеза новых нейтроноизбыточных изотопов, особенно в области трансурановых элементов. Однако это потребует ускорения частиц с массой 80-100.

1. Угловая корреляция гамма-квантов ^{155}Gd изучалась с помощью детектора Ge(Li) . Измерения проводились при помощи неподвижного Ge(Li) -детектора с чувствительным объемом 12 см^3 и подвижного NaJ(Tl) -детектора. Были установлены следующие значения для спинов возбужденных уровней ядра ^{155}Cd : 86,6 кэв - 5/2; 105,3 кэв - 3/2; 235,2 кэв - 3/2; 266,6 кэв - 5/2; 367,7 кэв - 1/2 (5/2); 427,3 кэв - 3/2 (7/2). На основании полученных результатов и известных в литературе данных предлагается интерпретация схемы уровней в пределах модели Нильссона при учете кориолисова взаимодействия и взаимодействия между ядерными оболочками, различающимися по главному квантовому числу на $\Delta N = 2$.
2. Изучение короткоживущих активностей на пучках тяжелых ионов. На циклотроне У-300 был завершен цикл работ по изучению короткоживущих альфа-излучателей. Данные для ранее найденного нового изотопа ^{216}Ac были уточнены ($T_{1/2} = 0,37 \pm 0,01$ мсек). Попытка обнаружить альфа-активные изомерные состояния у нейтронодефицитных ядер $^{150-152}\text{Dy}$, $^{150-156}\text{Er}$, $^{154-156}\text{Yb}$ привела к заключению, что таких короткоживущих изомеров нет. Были начаты опыты по изучению мгновенных гамма-лучей в реакциях $(\text{HI}, \text{x n})$ с использованием Ge(Li) -детектора. Были подтверждены результаты других авторов по изучению коллективных переходов в четно-четных изотопах $^{120-124}\text{Xe}$, а также исследовались переходы в неизвестном до сих пор очень нейтронодефицитном изотопе ^{118}Xe .
3. Безжелезный β -спектрометр типа "Апельсин", изготовленный в ПНР, был установлен на пучке ионов циклотрона У-300. Спектрометр обладает хорошим разрешением. С целью проверки аппаратуры и методики проведены опыты, в результате которых были изучены линии конверсионных электронов ^{124}Ba из реакции $^{116}\text{Sn} (^{12}\text{C}, 4\text{n}) ^{124}\text{Ba}$ с энергиями 189, 229, 420 кэв.



Рис.34. Сотрудниками Лаборатории ядерных реакций В.И.Илюшенко, С.А.Карамяном, В.И.Кузнецовым, М.Б.Миллером, В.Л.Михеевым, Ю.Ц.Оганесяном, Ю.Э. Пениожкевичем был выполнен цикл работ на тему "Некоторые особенности распада и образования ядер сверхтяжелых элементов в реакциях с тяжелыми ионами". Молодым ученым присуждена премия Ленинского комсомола в области науки и техники за 1967 год. На снимке: секретарь ЦК ВЛКСМ С.П.Павлов вручает диплом и золотую медаль лауреата премии Ленинского комсомола кандидату физико-математических наук В.Л.Михееву.

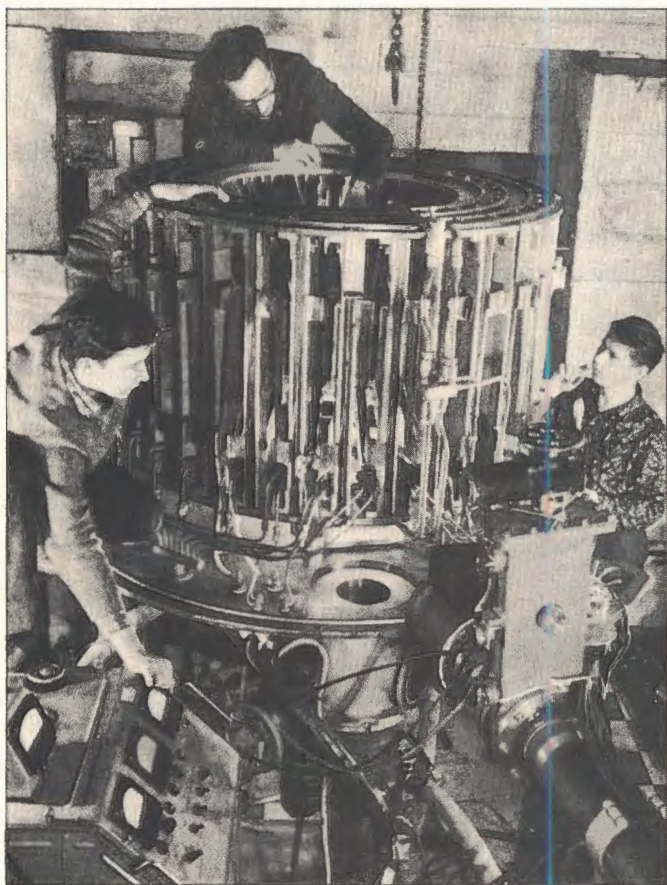


Рис.35. Польская группа физиков за наладкой тороидального бета-спектрометра, который работает на пучке тяжелых ионов циклотрона У-300. Установка сконструирована в Варшаве для исследования "на пучке" коллективных уровней сильно нейтронодефицитных изотопов. Слева направо: физики Х.Дростэ, Т.Морек и лаборант Ю.Графов.

Рис.36. Проверка системы детекции электронов с кремниевым детектором, использованным в тороидальном бета-спектрометре. На снимке — доктор С.Хойнацкий (Польша).

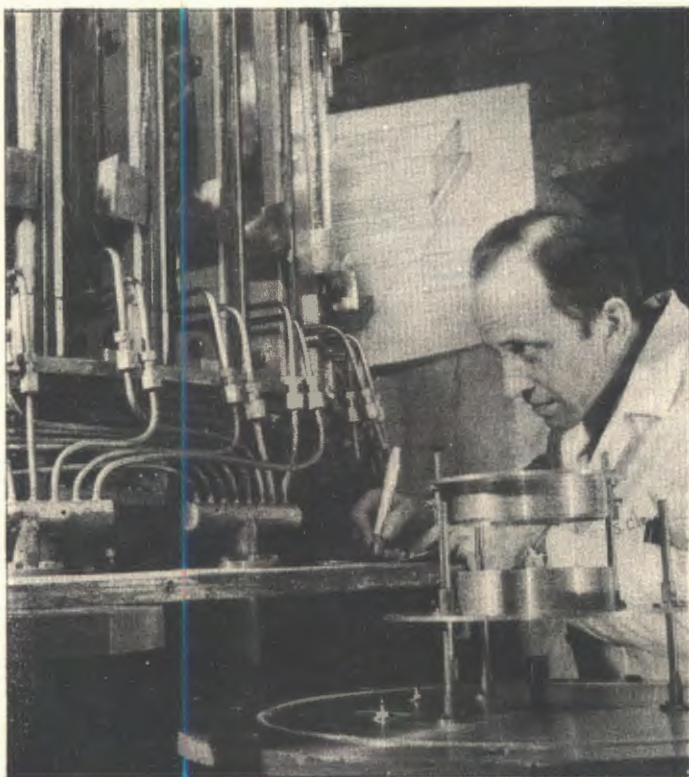
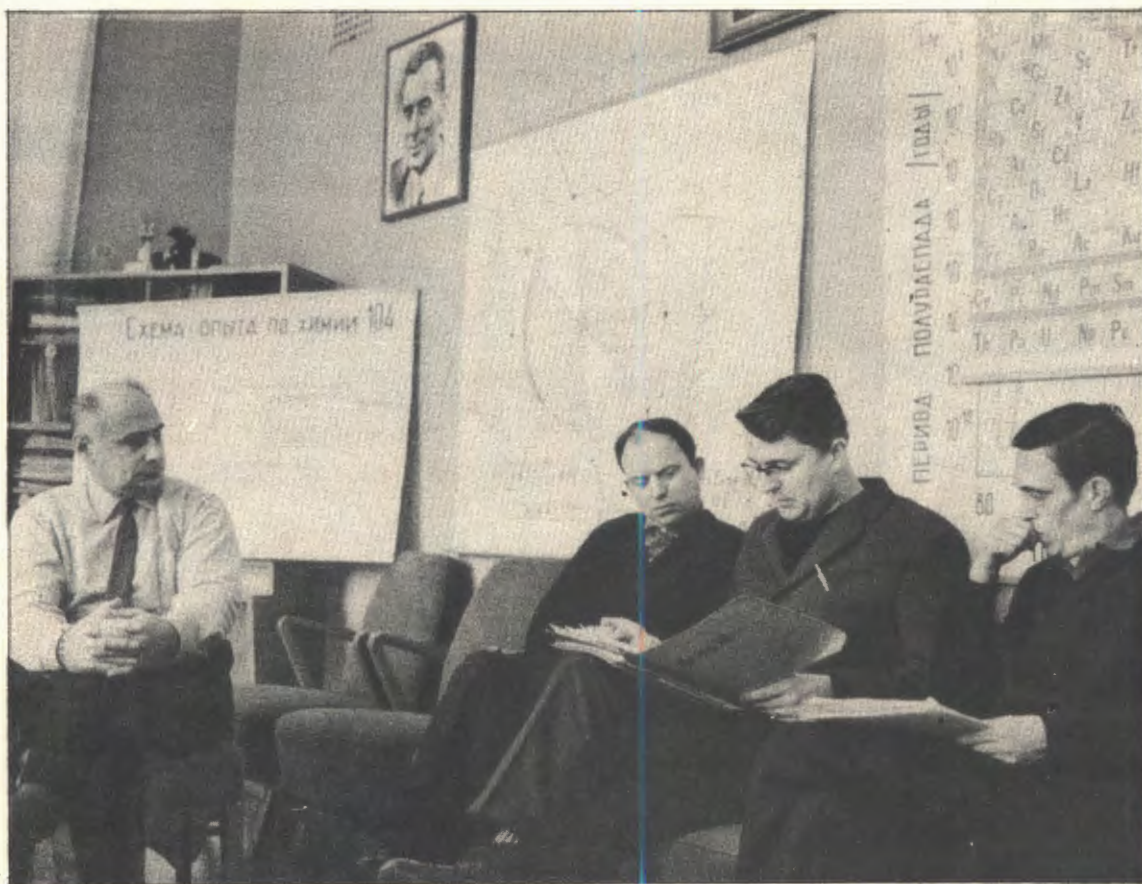
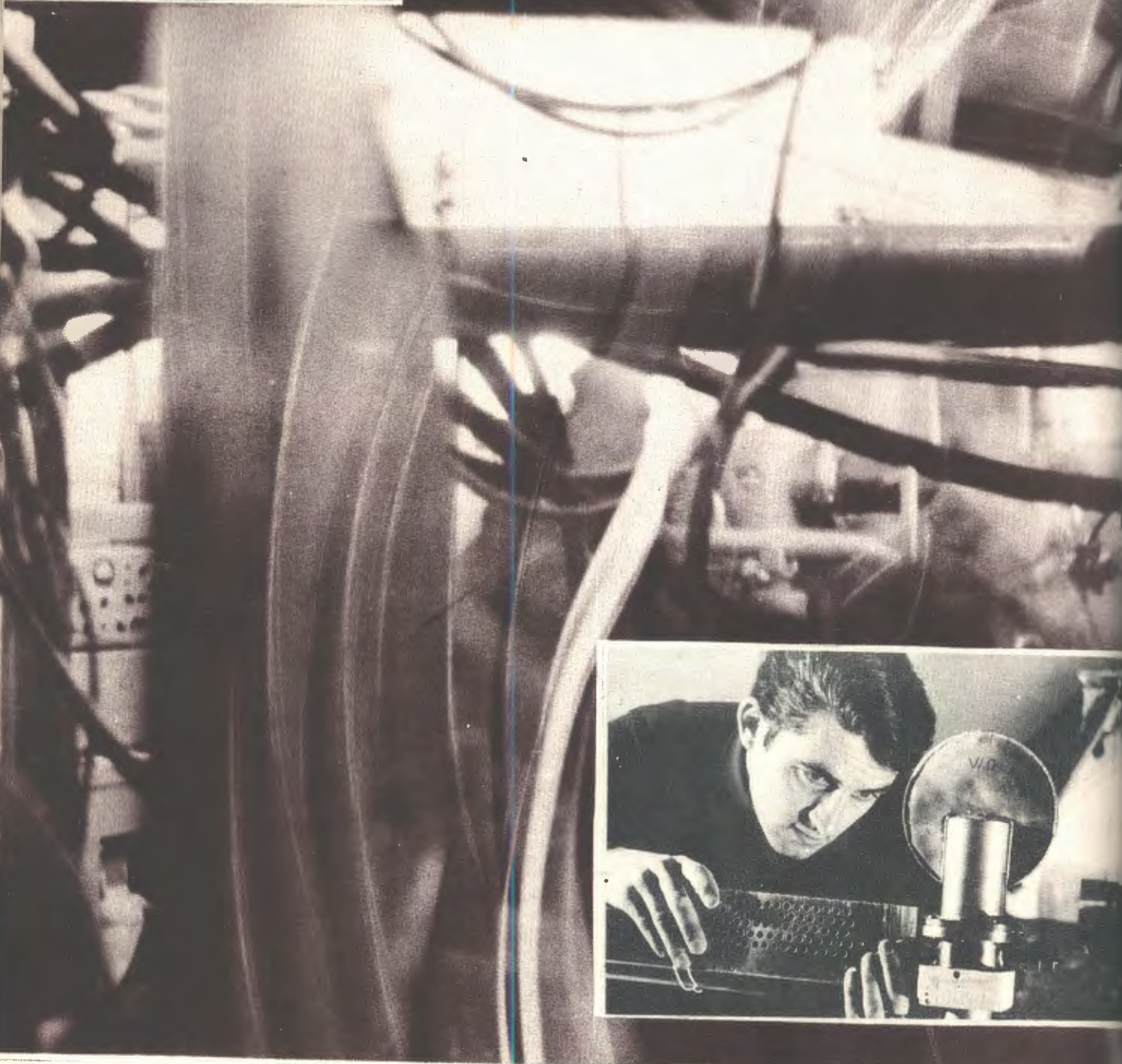
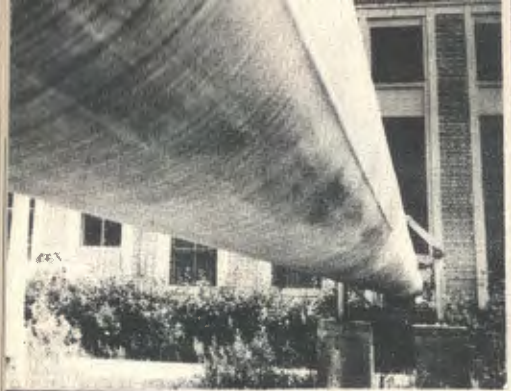


Рис.37. Группа сотрудников Лаборатории ядерных реакций удостоена Ленинской премии за работы по синтезу трансураниевых элементов. На снимке слева направо: Г.Н.Флеров, С.М.Поликанов, И.Звара, В.А.Друин.





Лаборатория нейтронной физики

Основные направления научно-исследовательской работы Лаборатории нейтронной физики в 1967 году включают в себя изучение свойств ядер методами нейтронной спектроскопии по времени пролета, исследование конденсированных сред с помощью медленных нейтронов и эффекта Мёссбауэра, изучение ядерных реакций с заряженными частицами на легких ядрах. В экспериментах использовались пучки нейтронов из реактора ИБР, из системы ИБР + микротрон и пучки заряженных частиц от электростатических генераторов ЭГ-5 и ЭГ-2.

Ядерно-физические исследования

1. Альфа-распад резонансных состояний ядер. В 1967 году продолжались исследования α -распада высоковозбужденных состояний ядер, возникающих при захвате резонансных нейтронов. Методика, созданная в лаборатории, позволила измерять сечения (n, α) -реакции, величина которых в $10^5 - 10^6$ раз меньше сечений конкурирующей реакции радиационного захвата. Измерения проводились с разделенными изотопами редкоземельных элементов. На рис.38 представлены результаты, полученные для изотопа ^{149}Sm .

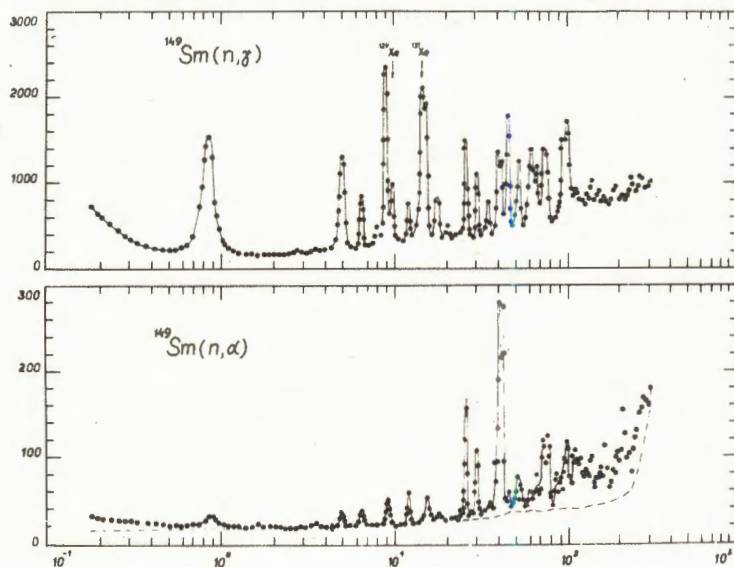


Рис.38. Зависимость счета α -частиц (нижняя кривая) и γ -квантов (верхняя кривая) от энергии нейтронов, полученная в измерениях с изотопом ^{149}Sm .

В дополнение к информации о средних значениях проведен анализ флуктуаций α -ширин. Для резонансов ^{143}Nd со спином 3^- распределение альфа-ширин соответствует распределению Портера-Томаса с числом степеней свободы $\nu = 1,8 \pm 1,0$. Однако для ^{149}Sm четыре резонанса с известным спином 4^- имеют близкие альфа-ширины, что соответствует значению ν порядка нескольких десятков.

С помощью многослойной плоскопараллельной ионизационной камеры с сеткой и двухмерного анализатора на магнитной ленте получены спектры α -частиц в нейтронных резонансах ^{147}Sm с энергией 3,4 и 18,3 эв (рис.40).

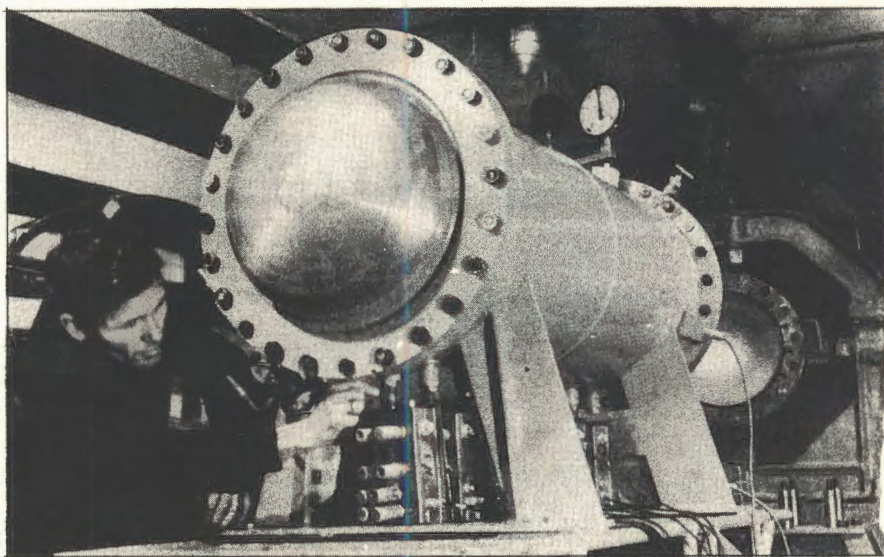


Рис.39. В Лаборатории нейтронной физики пушена в эксплуатацию большая ионизационная камера для исследования спектров α -распада резонансных состояний атомных ядер. В общей кожухе заключено 7 двойных ионизационных камер с сеткой. Площадь мишеней составляет 2 м^2 . Энергетическое разрешение $\approx 200\text{ кэВ}$ при $E_\alpha = 4,2\text{ МэВ}$. На снимке: научный сотрудник К.Г.Родионов ведет наладку камеры.

Спектры заметно отличаются от обычных для α -распада четно-четных ядер из основного состояния: α -переход в наинищее состояние дочернего ядра здесь не является преобладающим. Отсутствие α -перехода в основное состояние в случае резонанса 18,3 эв указывает на то, что спин этого резонанса 4^- ; для резонанса 3,4 эв $J^\pi = 3^-$.

Подсчет парциальных приведенных ширин δ_0^2 для переходов в отдельные состояния дочернего ядра (табл. 1) приводит к следующим выводам: а) значения δ_0^2 , соответствующие переходам на одни и те же уровни дочернего ядра, для резонансов 3,4 и 18 эв не совпадают друг с другом; б) значения δ_0^2 для переходов в возбужденные состояния с энергией возбуждения меньше 1,5 Мэв (близкой к энергии спаривания нейтронов в дочернем ядре) оказались заметно меньше своей теоретической оценки ($\delta_{\text{теор.}}^2 = \bar{D} = 14$ эв) и меньше значений δ^2 , полученных на тепловых нейтронах для уровней выше 1,5 Мэв. Последнее можно объяснить эффектом парной корреляции нейтронов.

Таблица 1

Дочернее ядро		3,4 эв		18,3 эв	
$E_{\text{возб.}}, \text{Мэв}$	J^π	$\Gamma_{\alpha 1}, \text{мкэв}$	$\delta_{01}^2, \text{эв}$	$\Gamma_{\alpha 1}, \text{мкэв}$	$\delta_{01}^2, \text{эв}$
0	0^+	$0,70 \pm 0,03$	$1,6 \pm 0,1$	-	-
0,696	2^+	$0,80 \pm 0,03$	$5,2 \pm 0,2$	$0,05 \pm 0,02$	$1,0 \pm 0,4$
1,31	4^+	$0,11 \pm 0,05$	$7,2 \pm 3,3$	$0,11 \pm 0,02$	$7,2 \pm 1,2$
1,50	(3)	$-0,08$	$-5,2$		
1,56	2^+	$0,22 \pm 0,05$	$12,0 \pm 3$	$0,04 \pm 0,02$	$3,2 \pm 1,6$

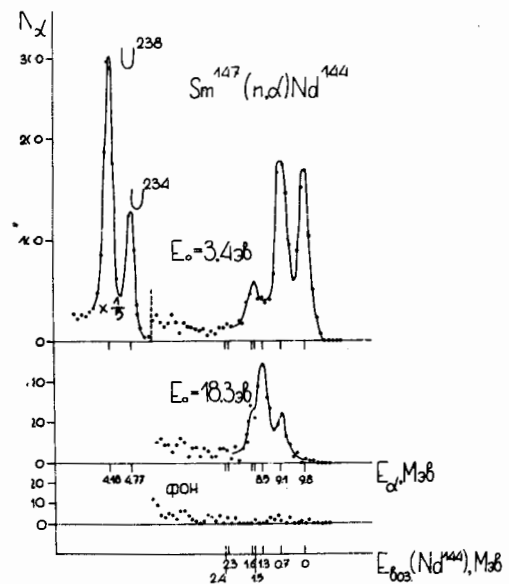


Рис. 40. Амплитудные спектры α -частиц из реакции $^{147}\text{Sm}(n, \alpha)^{144}\text{Nd}$ в двух резонансах. На рисунке приведен также калибровочный спектр α -частиц урана.

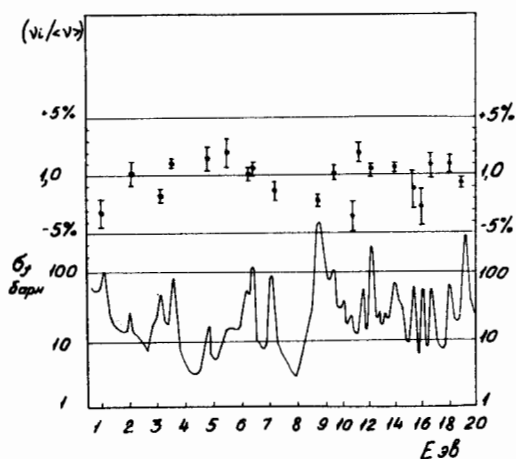


Рис.41. Энергетическая зависимость величины $\nu_1/\langle\nu\rangle$ для урана-235. $\langle\nu\rangle$ означает среднее число мгновенных нейтронов на деление, полученное усреднением по всей измеренной области энергий. Внизу показана кривая сечения деления урана-235,

2. Делящиеся ядра. а) Измерены относительные вариации ν - среднего числа мгновенных нейтронов на деление для низкоэнергетических резонансов U-235 в области 0-35 эв. Использовался жидкостной сцинтилляционный детектор с кадмием в растворе, схемы быстрой электроники с возможностью регистрации каждого нейтрона деления и многомерный анализатор с памятью на магнитной ленте. Разрешение составляло 0,06 мксек/м (расстояние реактор-детектор 1000 м). Резонансы разбиваются на 2 группы, соответствующие, по-видимому, спинам 3^- и 4^- и отличающиеся (рис.41) изменением ν на 1,6% (при точности измерения ν в отдельном резонансе порядка 0,5%). Этот результат соответствует разнице 300 кэв в энергии возбуждения двух осколков для каналов 3^- и 4^- и свидетельствует в пользу того, что энергия коллективных возбуждений делящегося ядра в седловой точке переходит в основном во внутреннее возбуждение осколков деления; при этом предполагается, что энергия, уносимая мгновенными γ -лучами, остается постоянной.

б) Закончена обработка результатов измерений сечений деления и радиационного захвата Pu-239 в области энергий от 100 эв до 23 кэв. Обнаружено, что величина отношения сечений радиационного захвата и деления (α) в области от 200 до 1000 эв достигает значений $1,25+1,97$. Это в $2+2,5$ раза больше значения α , которое можно ожидать, исходя из параметров нижележащих резонансов. В сечении деления Pu-239 наблюдаются значительные флуктуации (в различных интервалах сечение меняется в $2+3$ раза, рис.42). Наблюдаемые колебания сечения деления не могут быть объяснены статистическими флуктуациями числа уровней, так как они охватывают интервалы энергии, включающие по 100-200 уровней. Большие флуктуации наблюдаются и в сечении деления U-235. Пока эта особенность поведения сечений деления остается необъясненной.

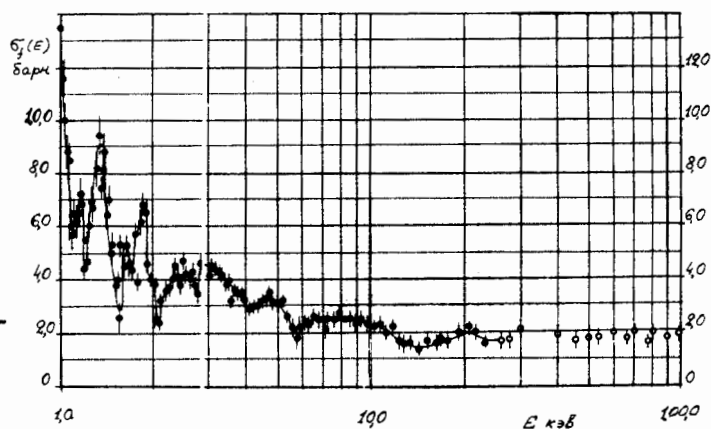


Рис.42. Сечение деления плутония-239. \bullet - данные ЛНФ; \circ - данные других работ.

3. Нейтронные сечения неделящихся ядер. Исследование параметров нейтронных резонансов проводилось в системе ИБР + микротрон, существенно улучшившей энергетическое разрешение. Изучались ядра из редкоземельной области и ядра среднего атомного веса. Закончены измерения пропускания и радиационного захвата нейтронов на всех стабильных изотопах Nd. Осуществлена изотопная идентификация резонансов, получены нейтронные и радиационные ширины уровней, средние расстояния \bar{D} и силовые функции S^0 для каждого изотопа. Средние параметры приводятся в табл.2.

Завершены измерения с изотопами германия. Экспериментальная оценка сечения потенциального рассеяния для всех изотопов дала одинаковое значение 6 ± 2 барна, которое и было использовано при обработке. Получены нейтронные ширины для 48 уровней четных изотопов (интервал энергий 0,01+30 кэВ) и для 47 уровней нечетного изотопа (0+9 кэВ). Для ряда ре-

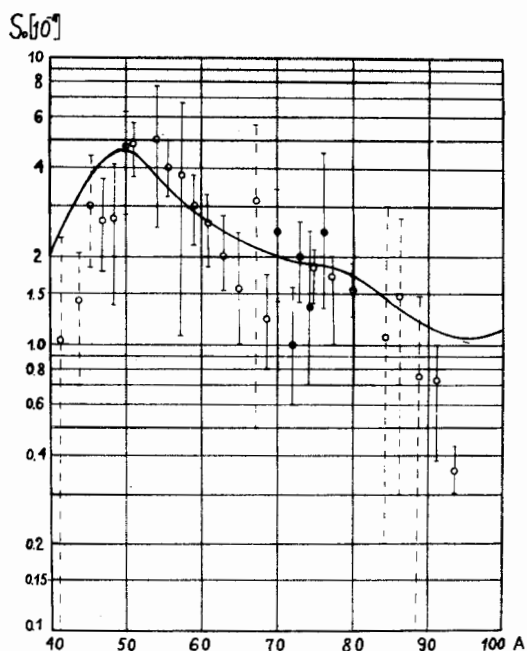


Рис.43. Силовая функция s -нейтронов для ядер среднего массового числа. \bullet - полученные экспериментальные данные, \circ - данные из других работ. Сплошная кривая - теоретический расчет по оптической модели.

Таблица 2

Изотоп Nd	\bar{D} , эв	$S^0 \cdot 10^4$	Γ_γ , Мэв	Число резонансов
142	1000 \pm 250	0,6 \pm 0,3	-	6
143	38 \pm 6	4,3 \pm 1,4	76 \pm 11	23
144	520 \pm 70	4,8 \pm 2,0	78 \pm 12	14
145	19 \pm 3	3,0 \pm 0,7	58 \pm 8	50
146	310 \pm 43	4,5 \pm 1,9	55 \pm 8	13
148	200 \pm 21	3,6 \pm 1,1	96 \pm 14	23
150	230 \pm 28	2,0 \pm 0,8	84 \pm 12	16

резонансов впервые измерены значения радиационных ширин. Средние значения радиационных ширин Γ_γ , средние расстояния между уровнями D_j и силовые функции S^0 даны в табл. 3.

Таблица 3

Изотоп Ge	$S^0 \cdot 10^4$	D_j , эв	Γ_γ , эв
70	2,3 $\begin{smallmatrix} +1,0 \\ -0,9 \end{smallmatrix}$	1330 \pm 210	0,162 \pm 0,025
72	1,0 $\begin{smallmatrix} +0,6 \\ -0,4 \end{smallmatrix}$	1550 \pm 270	0,160 \pm 0,029
73	2,0 $\begin{smallmatrix} +0,7 \\ -0,6 \end{smallmatrix}$	124 \pm 14	0,197 \pm 0,029
74	1,3 $\begin{smallmatrix} +1,1 \\ -0,6 \end{smallmatrix}$	3900 \pm 770	0,195 \pm 0,040
76	2,3 $\begin{smallmatrix} +2,1 \\ -1,0 \end{smallmatrix}$	4200 \pm 835	0,120 \pm 0,025

Силовые функции для этой области динамически деформированных ядер, как видно из рис.43, хорошо согласуются с данными других работ и теоретическим расчетом.

4. Гамма-спектры с высоким разрешением. Продолжалось изучение спектров γ -лучей, испускаемых околomagическими ядрами (Ba , Sr , Pt) при захвате резонансных нейтронов. Германиевый детектор имел объем 12 см³ и разрешение 8 кэв при энергии \approx 8 Мэв. В конце года был применен детектор с объемом 30 см³, изготовленный в ЛНФ. Этот детектор имеет примерно такое же разрешение при существенно большей эффективности. В результате последних измерений с ¹³⁵Ba (измерялись не

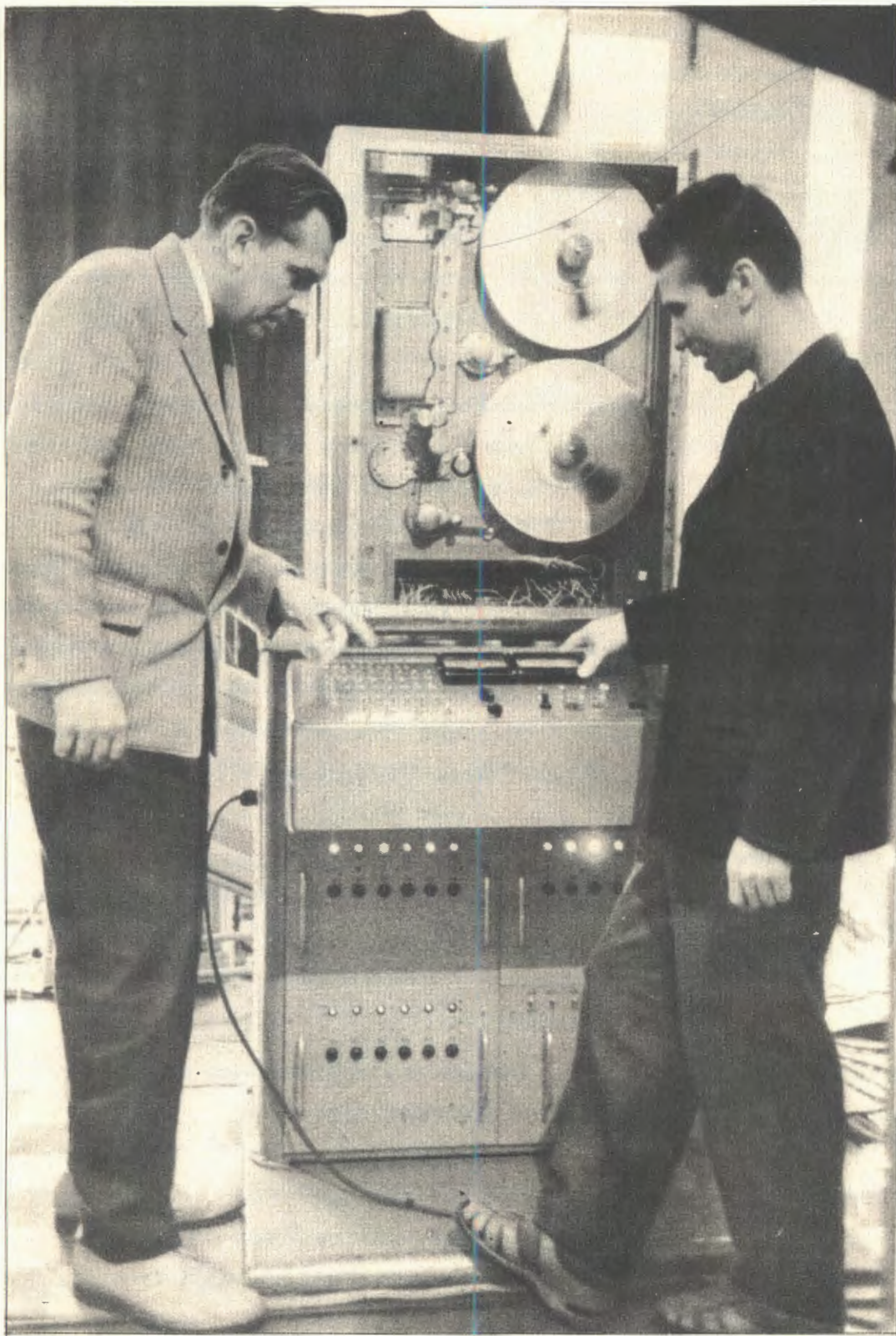


Рис.44. Группа чехословацких сотрудников ЛНФ успешно ведет исследования радиационного захвата резонансных нейтронов в атомных ядрах, используя методику, разработанную в ЧССР и ЛНФ. На снимке: руководитель группы Я.Урбанец и сотрудник его группы Я.Липтак проверяют работу многоканального анализатора перед экспериментом.

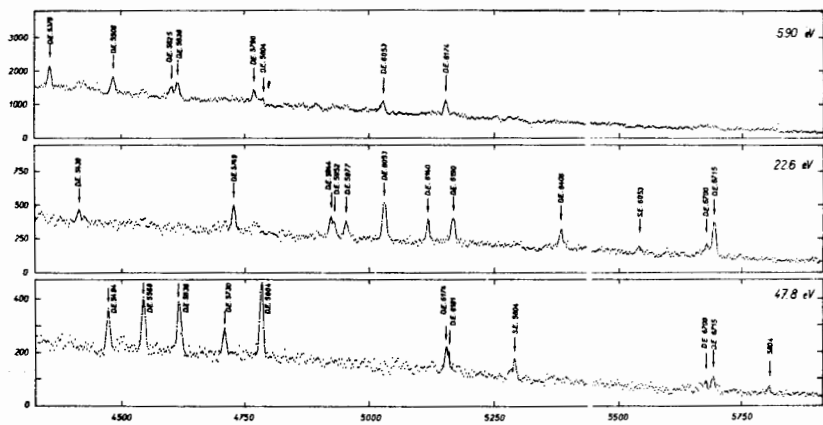


Рис.45. Спектры γ -лучей захвата из реакции $^{133}\text{Cs}(n, \gamma)^{134}\text{Cs}$ на резонансных нейтронах (энергия резонансов указана в верхнем правом углу). Обозначение DE относится к пикам двойного вылета аннигиляционных квантов, SE - к пикам одиночного вылета.

только жесткие, но и мягкие переходы) удалось установить мультипольность аномально интенсивных переходов в резонансе 24,5 эв (тип M1) и дать объяснение этой аномалии через влияние M1 гигантского резонанса. Для энергии связи нейтрона в ^{136}Ba получено значение 9112 ± 5 кэв.

На рис.45 показан высокоэнергетический участок спектра γ -лучей из трех резонансов на ^{133}Cs . Группа интенсивных переходов в области энергий 5,8 Мэв для резонанса 47,8 эв является аномальной, так как отсутствует в большинстве других резонансов. Были изучены не только высокоэнергетичные линии, но и переходы в мягкой области спектра. В итоге построена схема низколежащих уровней цезия-134 (рис.46) и определена энергия связи нейтрона - 6942 ± 5 кэв (прямой переход на основное состояние у этого ядра, вопреки ожиданию, отсутствует).

Продолжались измерения гамма-спектров короткоживущих радиоактивных изотопов ($^{66,67,72}\text{Ga}$, ^{140}Nd , ^{160}Tb , ^{170}Lu , ^{136}Pr), проводимые совместно с отделом ядерной спектроскопии ЛЯП, Радиевым институтом и Ленинградским университетом.

5. Поляризация ядер. Для поляризации ядерных мишеней статистическими методами велись работы по созданию криостата с растворением ^3He в ^4He , рассчитанного на получение температур порядка сотых долей градуса Кельвина. В настоящее время криостат налаживается; уже получена температура $0,1^\circ\text{K}$. Велись исследования магнитных свойств соединений урана с целью выбора наиболее подходящего из них для осуществления поляризации ядер урана статическим методом.

6. Эксперименты на поляризованной протонной мишени. Проводились исследования характеристик поляризованной протонной мишени (ППМ) как поляризатора тепловых нейтронов. Пропускание мишени - кристалла двойного лантан-магниевого нитрата (ЛМН) - было измерено на неполяри-

зованных пучке и мишени в диапазоне энергий 0,001 - 100 эв. Поляризационное сечение σ_p определялось по изменению пропускания мишени при поляризации протонов в ней. Результаты серии экспериментов, проведенных при разных толщинах и поляризациях ППМ, представлены на рис.48, где две ветви кривых получены при использовании двух предельных теоретических соотношений, связывающих σ_p с изменением пропускания в зависимости от энергии нейтронов. При $E < 0,01$ эв ослабление пучка определяется только некогерентным сечением и теоретическое значение σ_p / σ_v равно 0,67; при $E < 0,5$ эв ослабление определяется полным сечением и теоретическое значение σ_p / σ_v равно 0,82. В промежуточной области 0,01-0,5 эв поляризационное сечение в таком эксперименте не может быть определено.

Однозначным образом σ_p может быть найдено в более сложном опыте по измерению эффекта двойного пропускания ϵ , т.е. изменения пропускания ППМ при реверсе поляризации нейтронного пучка. Для проведения этого эксперимента была изготовлена вторая ППМ и осуществлен пробный запуск всей установки на нейтронном пучке ИБР. На рис.49 показаны: сверху - экспериментальные значения ϵ и внизу - значения ϵ при введении в пучок немагнитных железных пластин, полностью деполаризующих нейтроны с энергией меньше нескольких эв.

7. (n - e)-взаимодействие. В лаборатории разрабатывалась методика измерения фундаментальной константы взаимодействия нейтрон-электрон.

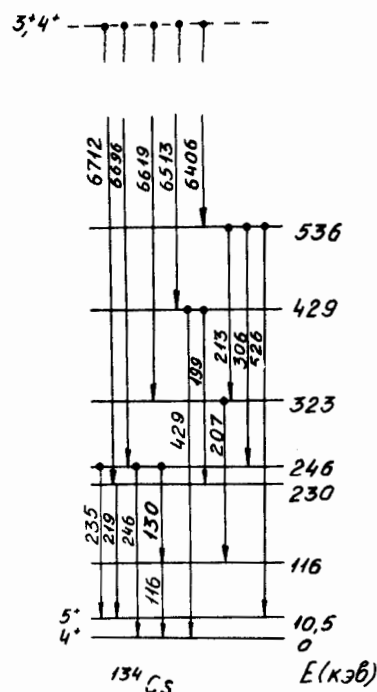


Рис.46. Схема уровней ^{134}Cs , полученная в результате исследования реакции $^{133}\text{Cs}(n, \gamma)^{134}\text{Cs}$ на резонансных нейтронах.

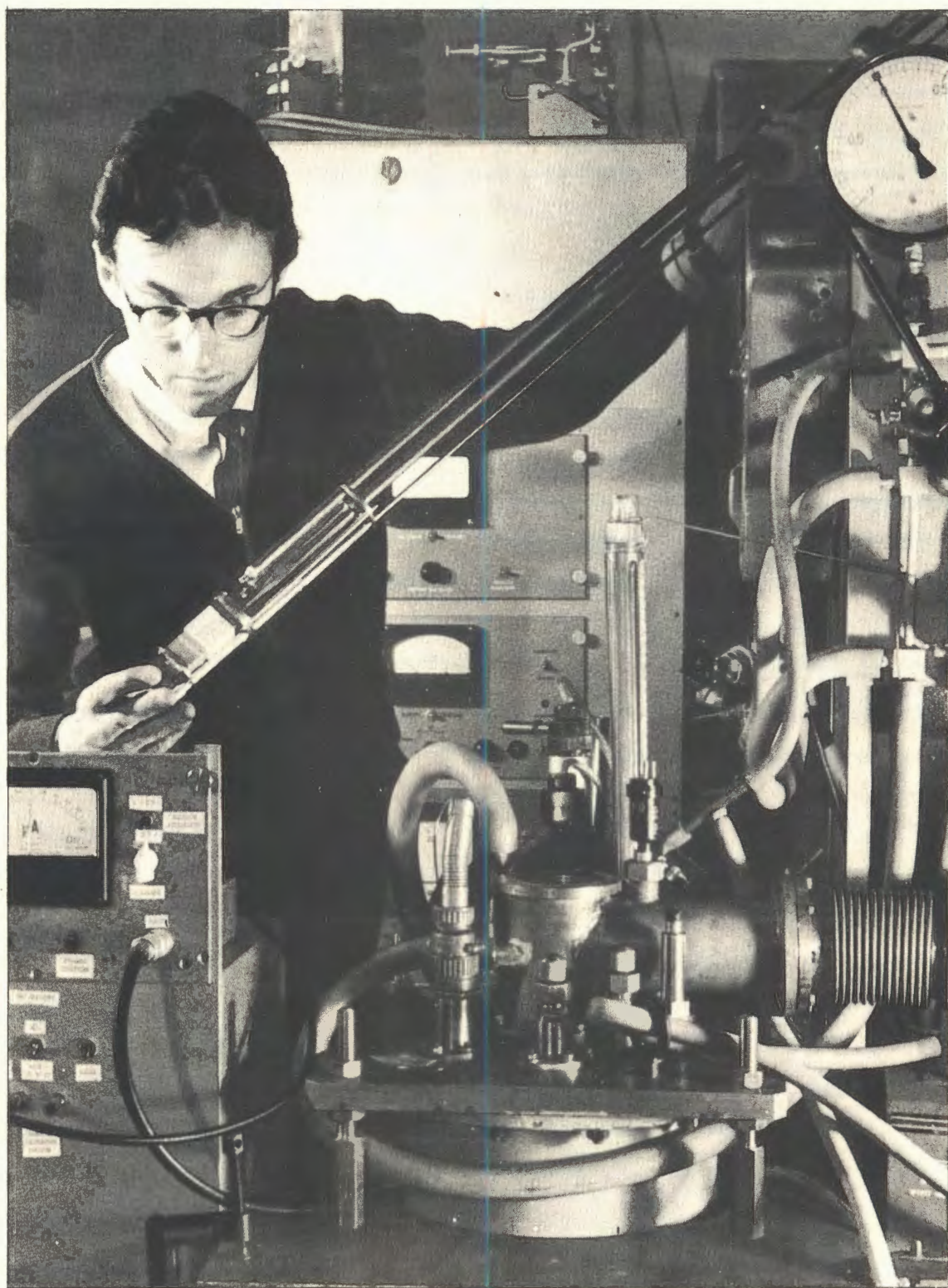
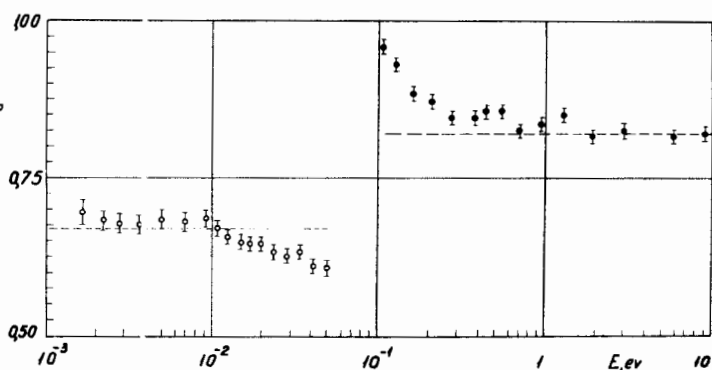


Рис.47. В ЛНФ проводится исследование и совершенствование поляризованной водородной мишени и методики поляризации нейтронного пучка. На снимке: старший инженер Ю.В.Таран готовится к эксперименту.

бр/бз

Рис.48. Отношение поляризационного сечения протонов σ_p в кристалле двойного лантан-магниевого нитрата к сечению рассеяния на водороде σ_h . Пунктиром показаны теоретические значения этого отношения для двух предельных случаев.



Относительная величина дополнительного вклада в сечение рассеяния, обуславливаемая этим эффектом, определяется выражением

$$\frac{\Delta\sigma}{\sigma} = 2ZF \frac{a_{ne}}{a_{яд}}$$

где Z - заряд ядра, F - формфактор электронной оболочки, a_{ne} и $a_{яд}$ - амплитуды ($n-e$) и ядерного рассеяния.

Новый метод измерения основан на изучении дифракции нейтронов на разделенных изотопах вольфрама. Измерение полного сечения изотопа ^{186}W обнаружило чрезвычайно малое сечение ядерного рассеяния в тепловой области энергий (амплитуды резонансного и потенциального рассеяний почти полностью гасят друг друга). Кроме того, применение метода дифракции расширяет диапазон изменения F почти в 2 раза. В итоге, при использовании нового метода измерения величина $\Delta\sigma/\sigma$ может составить $15 \pm 20\%$ вместо $\approx 0,5\%$ в случае применения прежнего метода Ферми.

На реакторе ИБР были проведены измерения амплитуд когерентного рассеяния изотопов вольфрама методом дифракции на порошках. На рис.50

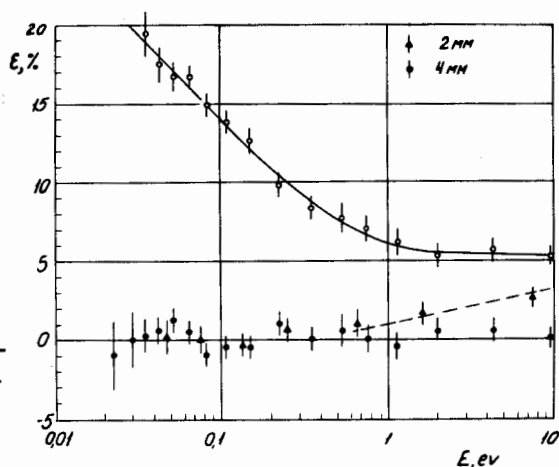


Рис.49. Экспериментальные значения эффекта пропускания в опыте по измерению пропускания поляризованной протонной мишени на поляризованном пучке нейтронов.

показана нейтронограмма смеси с обогащенным изотопом ^{184}W (88,5% ^{184}W) весом 90 г. Соответствующая нейтронограмма, измеренная на образце ^{186}W (90,7% ^{186}W) весом 80 г, не обнаруживает дифракционных пиков когерентного рассеяния. Обработка результатов дала следующие предварительные значения амплитуд когерентного рассеяния (в единицах 10^{-12}см):

Изотоп W	182	183	184	186
$a \cdot 10^{12}$	$0,824 \pm 0,011$	$0,28 \pm 0,06$	$0,745 \pm 0,009$	$-0,069 \pm 0,006$

Работы по физике конденсированных сред

1. Исследования с помощью эффекта Мёссбауэра. а) При изучении системы гетит-вода ($\alpha\text{-FeO}(\text{OH} \cdot \text{H}_2\text{O})$) обнаружено, что при 8 мол % H_2O в системе происходит резкое изменение характера мёссбауэровских спектров, отражающее изменение внутренних магнитных полей (рис.51). Можно предположить, что это изменение обусловлено фазовым переходом гетита из фазы с малым содержанием избыточной воды в фазу с повышенным ее содержанием. Исследования были выполнены на геологических образцах при комнатной температуре. Мёссбауэровские данные подтверждены термическими измерениями.

Закончено исследование систем FeS_{1+x} . Оказалось, что при нарушении стехиометрии ($X = 0,10$), вопреки допущениям ряда авторов, не наблюдается образования трехвалентного железа. Избыточный заряд анио-

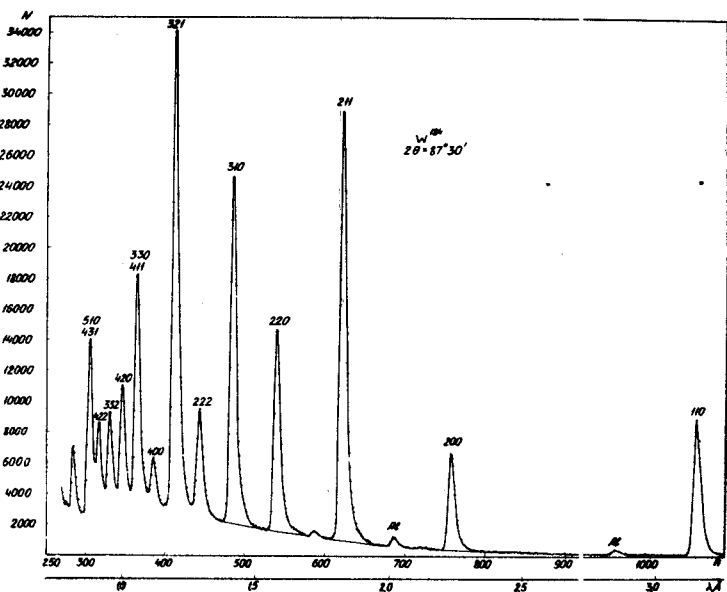


Рис.50. Нейтронограмма порошка обогащенного изотопа ^{184}W .

Рис.51. Зависимость мессбауэровских параметров системы гетит-вода от содержания воды при комнатной температуре. Верхняя кривая - магнитное поле на ядре; средняя кривая - химический сдвиг; нижняя кривая - квадрупольное расщепление. Резкому изменению характера кривых при 8 мол % воды сопоставлена точка фазового перехода.

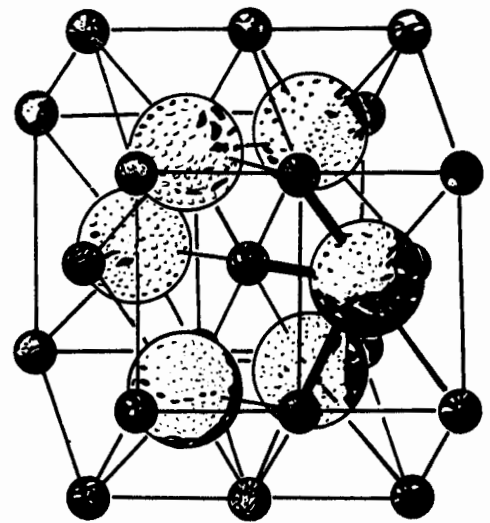
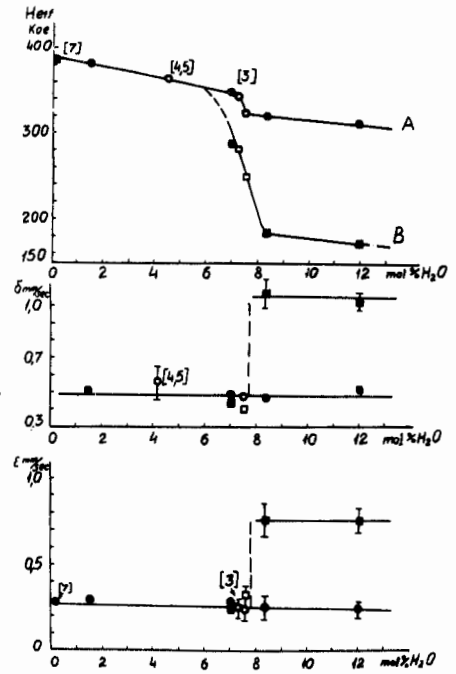


Рис.52. Структура FeS_{1+x} . Жирными линиями показаны связи, обуславливающие 90° -ферромагнитный косвенный обмен в c - плоскости.

нов компенсируется изменением степени ковалентности связи FeS .

Обнаружено влияние вакансий железа на характер мессбауэровского спектра. На основании этого факта можно судить о характере магнитного косвенного обмена: преобладающим взаимодействием в этой системе оказывается 90° -ный обмен, приводящий к ферромагнитной связи спинов железа в \bar{c} - плоскости (рис.52).

б) Исследовались состояния примесных ионов кобальта (железа) в $NaCl$ и $AgCl$ в интервале температур $4,2^\circ + 1000^\circ K$. Показано, что примесные ионы могут находиться по крайней мере в трех неэквивалентных по окружению состояниях. Наиболее устойчивым состоянием является трехвалентное железо, за-

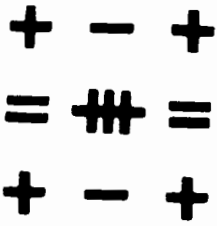


Рис.53. Модель трехвалентного железа, ассоциированного с двумя ионами двухвалентного кислорода (=) в решетке NaCl и AgCl.

мещающее натрий и ассоциированное с двумя двухвалентными ионами кислорода (рис.53). В AgCl наиболее часто встречающимся состоянием является двухвалентное железо, ассоциированное с вакансией серебра. При помощи соответствующей термической и химической обработки образцов возможно перевести железо из одного состояния в любое другое.

2. Молекулярная динамика газообразного и твердого метана. Методом времени пролета на спектрометре нейтронов с обратной геометрией проведены измерения с твердым ($T = 80^\circ\text{K}$, рис.54) и газообразным ($T = 120^\circ\text{K}$, рис.55) метаном. Для получения значения дифференциального сечения рассеяния нейтронов под углом 30° на газообразном метане осуществлена абсолютная калибровка путем измерения рассеяния на угол 130° .

Для твердого метана предполагалось найти уровни свободно вращающихся молекул. Однако в спектре, показанном на рис.54, не обнаруживается свободы ротационного движения несмотря на то, что разрешение установки позволяло выделить около пяти нижних ротационных переходов. Это свидетельствует о сложном характере движения молекулы CH_4 , допускающем предположение о существенном торможении вращения.

3. Когерентное рассеяние медленных нейтронов с малой передачей импульса. Закончены измерения и обработка результатов для твердого и жидкого свинца в области неупругого рассеяния, выполненные на спектрометре по методу времени пролета с фильтром перед детектором.

Для жидкого свинца полученные данные указывают на существование коллективных возбуждений с усредненным дисперсионным соотношением между частотой и импульсом, подобным тому, которое имеет место в поликристалле. Можно говорить о существовании в жидком свинце по крайней мере двух зон Бриллюэна.

Предварительная обработка результатов измерений в области квазиупругого рассеяния указывает на зависимость коэффициента теплопроводности жидкого свинца от частоты в области высоких частот $\approx 10^{12} \text{ сек}^{-1}$.

4. Свойства этана вблизи критической точки жидкость-пар. Предварительные результаты измерений на пучке нейтронов реактора ИБР указывают на отсутствие особенностей коэффициента самодиффузии вблизи критической точки. Этот результат представляет значительный интерес, так как макроскопическая диффузия и подвижность ионов, согласно опубликованным данным, обнаруживают аномалии в этой точке.

Начаты исследования других свойств этана вблизи критической точки. Выяснено, что полное сечение с точностью 0,05% остается постоянным при переходе через критическую точку. Обнаружено аномальное поведение переходной области между жидкостью и газом (мениск) при подходе к критической точке. Однако эта аномалия еще подлежит дальнейшему уточнению.

Измеренное с помощью нейтронов распределение плотности вещества по высоте в зависимости от температуры позволило определить критическую температуру с точностью 0,01°.

Рис.54. Аппаратурный спектр медленных нейтронов, рассеянных на твердом метане под углом 30°. На оси абсцисс обозначены каналы временного анализатора шириной 64 мксек, на оси ординат - число отсчетов в час.

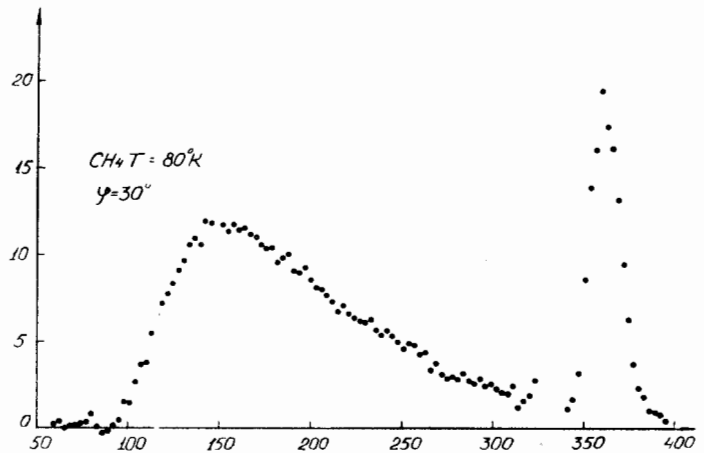
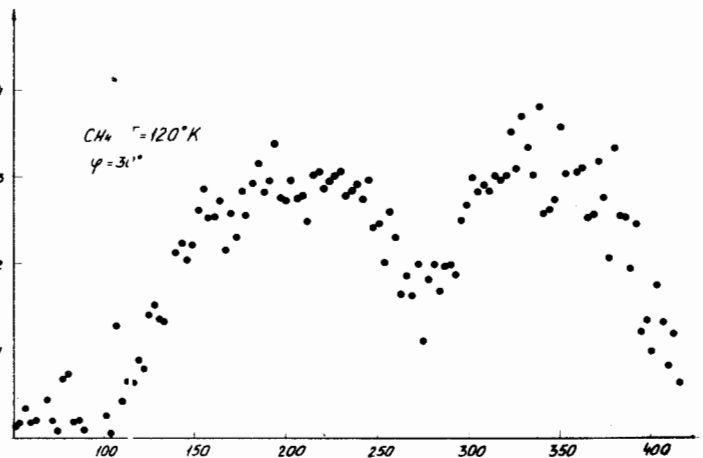


Рис.55. Спектр медленных нейтронов, рассеянных на газообразном метане под углом 30°. Упругому рассеянию соответствует максимум около 360-го канала.



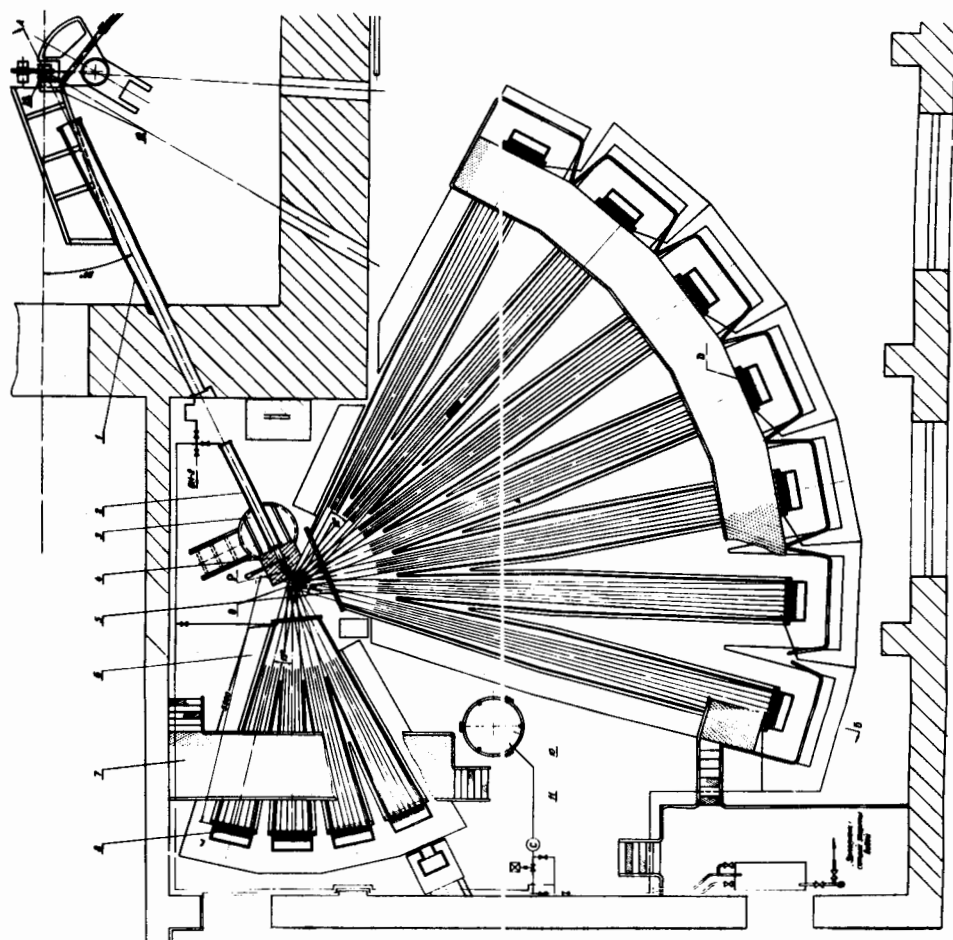


Рис.56. Дважды-дифференциальный спектрометр медленных нейтронов. 1,2 - нейтронпровод; 3 - поворотный круг; 4 - прерыватель; 5 - нейтронпровод длиной 10,5 м; 6 - нейтронпровод длиной 5,5 м; 7 - эстакада; 8 - детектор; 9 - газовая система; 10 - газгольдер; 11 - ловушка нейтронов; 12 - криостат.

5. Исследование внутримолекулярных колебаний с помощью электронвольтовых нейтронов. Сделаны измерения рассеяния электронвольтовых нейтронов на атомах водорода, входящих в состав молекул воды. Рассеяние измерено по методу времени пролета под двумя углами с фиксацией конечной энергии нейтрона посредством резонансного поглотителя (резонанс золота $E_0 = 4,91$ эв). Обнаружено уширение резонансного провала на кривой отсчетов детектора с фильтром, предсказываемое теорией внутримолекулярных колебаний.

Сравнение с теорией показывает, что для электронвольтовых нейтронов химически связанное ядро ведет себя как квазисвободное, так что молекулярная связь проявляется только через соответствующий разброс импульсов ядра. Для характерной энергии ω внутримолекулярных движений ядра получено значение $\omega = 0,26 \pm 0,05$ эв.



Рис.57. Экспериментальный зал реактора ИБР.

6. Дважды-дифференциальный спектрометр медленных нейтронов (рис. 56) для экспериментов на импульсном реакторе построен Физико-энергетическим институтом (г.Сбнинск) в сотрудничестве с ЛНФ. Механический прерыватель, синхронизованный с импульсами реактора ИБР, обеспечивает интенсивность монохроматических нейтронов на образце $2,5 \cdot 10^5 \frac{1}{\text{сек}}$; спектр рассеянных нейтронов измеряется по времени пролета с разрешением до 12 мксек/м одновременно под несколькими углами; фон в пике упругого рассеяния менее 0,3% (при толщине образца ванадия 3,6 мм).

Проведены измерения дважды-дифференциальных сечений рассеяния на гидриде циркония для начальных энергий $E_0 = 5, 15, 44, 188$ и 320 Мэв. Для $E_0 = 5$ и 15 Мэв надежно разделены области энергий, соответствующие упругому рассеянию, акустической плоске частот, щели в спектре и оптической полосе частот. Уточнены параметры спектра частот и изучена их температурная зависимость (в интервале $T = 300^\circ - 800^\circ\text{К}$).

Изучалась динамика воды и некоторых органических соединений бензольного ряда: бензола, фенола, гидрохинона. В измерениях с водой проявились четкие пики в области неупругого рассеяния, соответствующие известным трансляционным и заторможенным движениям (вращениям) молекул воды. В случае веществ бензольного ряда обнаружены два пика в области неупругого рассеяния.

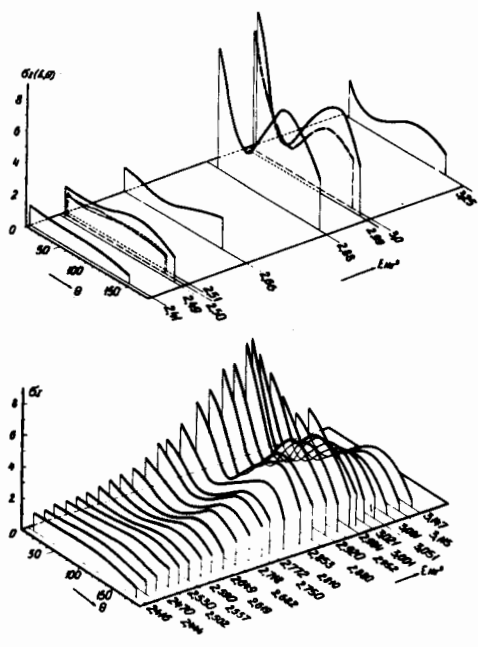


Рис.58. Угловые распределения протонов из реакции $^{12}\text{C}({}^3\text{He}, p_0){}^{14}\text{N}$ для различных энергий гелия-3. Вверху - результаты из ранее опубликованных работ, внизу - новые данные ЛНФ.

Ядерные реакции с заряженными частицами на легких ядрах

1. Реакция $^{12}\text{C} (^3\text{He}, p_{0,1,2}) ^{14}\text{N}$. Для реакции гелия-3 с углеродом получена более полная информация, отсутствовавшая ранее. На рис.58 показаны опубликованные ранее и полученные теперь результаты измерения угловых распределений протонов группы p_0 , соответствующих образованию ядра ^{14}N в основном состоянии. Измеренная область энергий гелия-3 охватывает ярко выраженный резонанс исследуемой реакции при 2,95 Мэв. Аналогичные результаты получены для групп протонов p_1 , p_2 , связанных с образованием ^{14}N в возбужденных состояниях.

Сделаны новые измерения углового распределения поляризации протонов группы p_0 для значений энергий ^3He 2,78 и 2,95 Мэв. Для среднего угла рассеяния $34 \pm 3^\circ$ измерения поляризации выполнены в более широком интервале энергий ^3He : 2,48; 2,65; 2,78; 2,95; 3,05 Мэв. Полученные результаты показаны на рис.59. Они свидетельствуют в пользу преобладающего вклада механизма составного ядра вблизи резонанса 2,95 Мэв. Эти измерения поляризации протонов были сделаны с помощью новой светосильной методики, использующей поляриметр с кольцевой анализирующей мишенью (рис.60).

2. Реакция $^9\text{Be} + t$. Исследованы каналы реакции $^9\text{Be}(t, \alpha_0) ^7\text{Li}$, $^9\text{Be}(t, \alpha_1) ^8\text{Li}$, $^9\text{Be}(t, d_1) ^{10}\text{B}$, $^9\text{Be}(t, t) ^9\text{Be}$. Измерены функции возбуждения (рис.62) и угловые распределения для α -каналов. Плавный

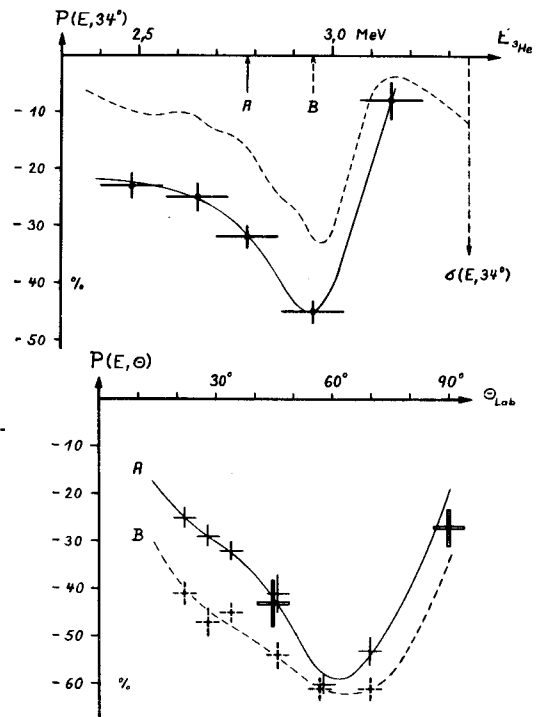


Рис.59. Энергетическая и угловая зависимости поляризации протонов из реакций $^{12}\text{C} (^3\text{He}, p) ^{14}\text{N}$. Пунктирная кривая сверху - энергетический ход сечения. На нижней части рисунка кривые А и В даны для двух начальных энергий, показанных сверху стрелками. Двойными крестиками отмечены результаты измерений, выполненных ранее другим методом. Горизонтальные интервалы у экспериментальных точек на нижнем рисунке соответствуют не угловой, а энергетической неопределенности.

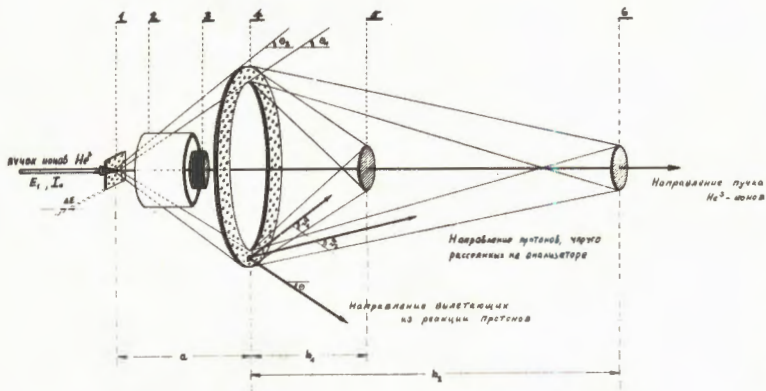


Рис.60. Принципиальная схема поляриметра с кольцевой геометрией. 1 - Мишень; 2 - фольга Al; 3 - ловушка; 4 - кольцевой анализатор; 5 и 6 - первый и второй детекторы.

ход функции возбуждения и характер энергетической зависимости угловых распределений показывают, что в интервале возбуждения составного ядра (12,9 + 13,7) Мэв отсутствует резонансная структура, отмечавшаяся ранее. В предположении прямого механизма для этой реакции были проведены расчеты угловых распределений по методу искаженных волн. В случае канала (t, α_0) не удалось подобрать разумных значений параметров оптического потенциала; для канала (t, α_1) получено качественное согласие с теорией.

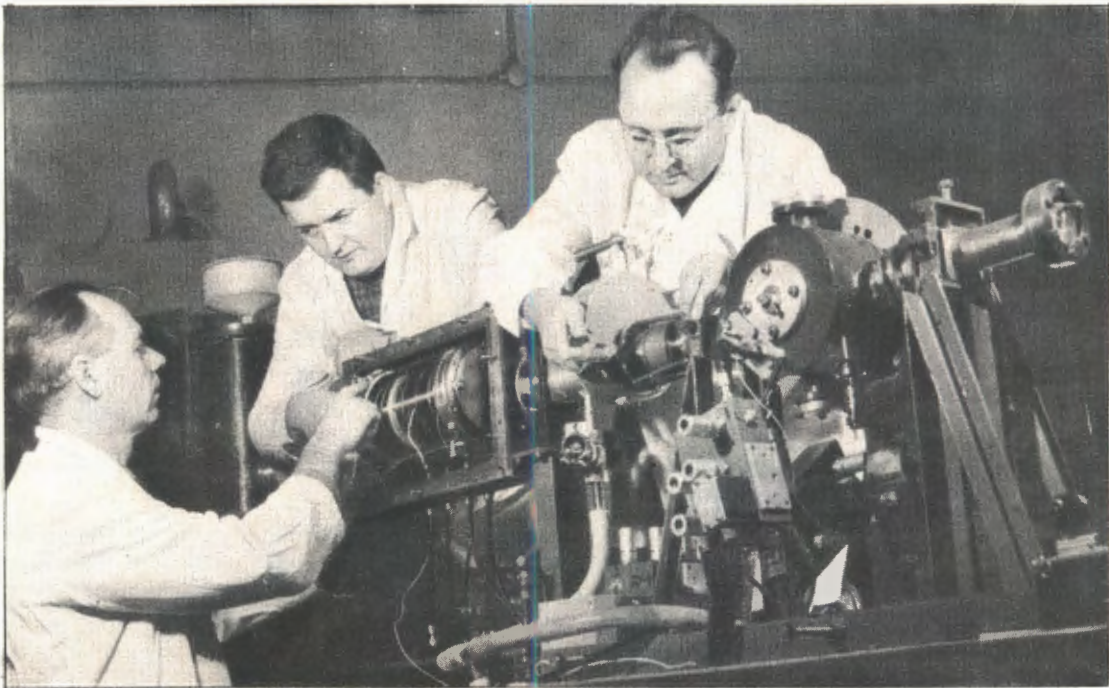


Рис.61. Группой немецких и советских сотрудников ЛНФ создан светосильный кольцевой поляриметр, который применяется для измерения поляризационных эффектов в ядерных реакциях с заряженными частицами при низких энергиях. На снимке (слева направо): ст. научные сотрудники И.В.Сизов, Г.Элер и Г.Ширмер готовят поляриметр к измерениям.

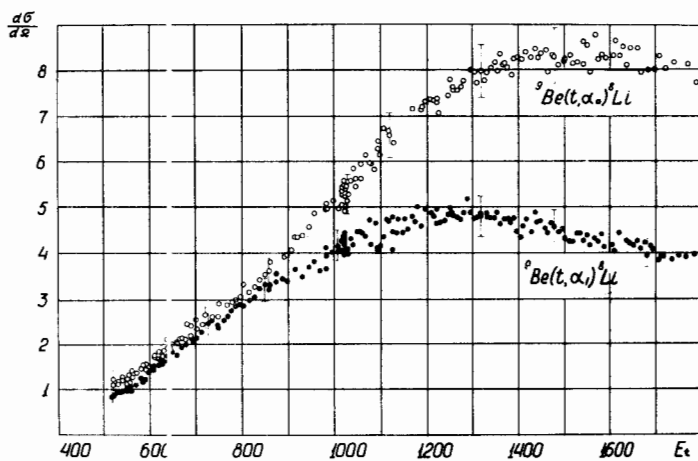
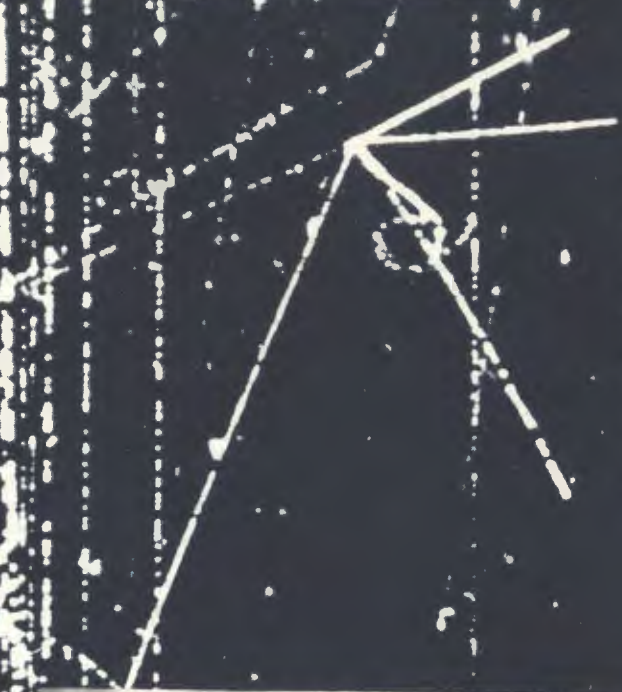
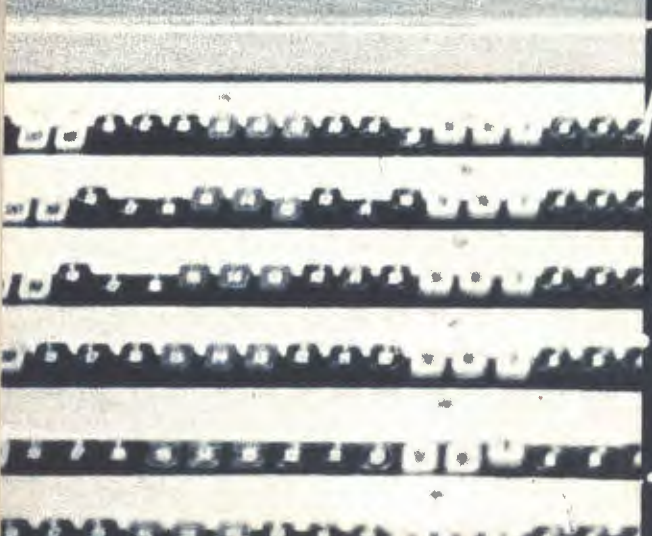
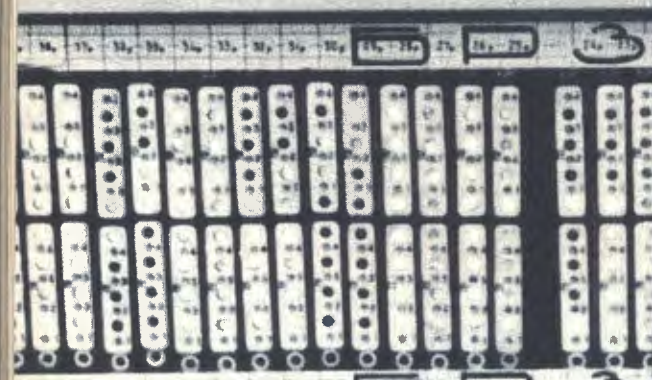
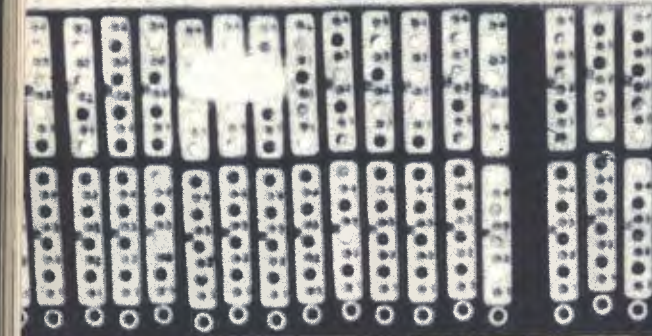


Рис.62. Функции возбуждения для двух каналов реакции ${}^9\text{Be}(t, \alpha){}^6\text{Li}$.

3. Другие реакции. На электростатическом генераторе ЭГ-5 завершены измерения реакции ${}^6\text{Li}(d, p){}^7\text{Li}$. Получены функции возбуждения, а также угловые распределения нескольких групп протонов, соответствующих основному и первым возбужденным состояниям конечного ядра ${}^7\text{Li}$. Предварительный анализ указывает на преобладающий механизм срыва в этой реакции.

На электростатическом генераторе ЭГ-2 измерены дифференциальные сечения упругого рассеяния ядер трития на кислороде в интервале энергий 0,7 - 1,7 МэВ.



Лаборатория
вычислительной
техники
и автоматизации

В 1967 году научные исследования и инженерно-конструкторские разработки в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации проводились по следующим направлениям:

1. Создание измерительно-вычислительного комплекса Объединенного института ядерных исследований.
2. Развитие методов использования вычислительных машин на линии с экспериментальным оборудованием.
3. Разработка и создание сканирующих устройств и вспомогательной аппаратуры для обработки filmовой информации.
4. Обеспечение подготавливаемых экспериментальных исследований ОИЯИ и стран-участниц на ускорителе ИФВЭ.
5. Развитие математических методов и создание программ обработки экспериментальных данных.
6. Научно-экспериментальные исследования.

Создание измерительно-вычислительного комплекса ОИЯИ

1. БЭСМ-6. В 1967 году в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации начался монтаж большой вычислительной машины БЭСМ-6. Эта машина является одной из самых крупных ЭВМ, изготавливаемых в странах-участницах института. Основные параметры БЭСМ-6 таковы: среднее быстроедействие - 1 млн. команд в секунду, оперативная память - 32 тысячи (К) 50-разрядных слов. Машина снабжена магнитными барабанами, число которых может достигать до 16, накопителями на магнитных лентах (можно подключить до 32 накопителей) и другими внешними устройствами.

Машина БЭСМ-6 является центральным вычислителем комплекса взаимосвязанных ЭВМ (системы машин).

Параллельно с монтажом БЭСМ-6 производилась автономная отладка устройств этой машины.

Для повышения эффективности использования машины БЭСМ-6 в ЛВТА был разработан способ увеличения емкости оперативной памяти БЭСМ-6 до 64 К слов стандартными кубами емкостью 4 К слов каждый.

Разработан проект технического задания на подключение к БЭСМ-6 до 8 внешних ЭВМ и устройств.

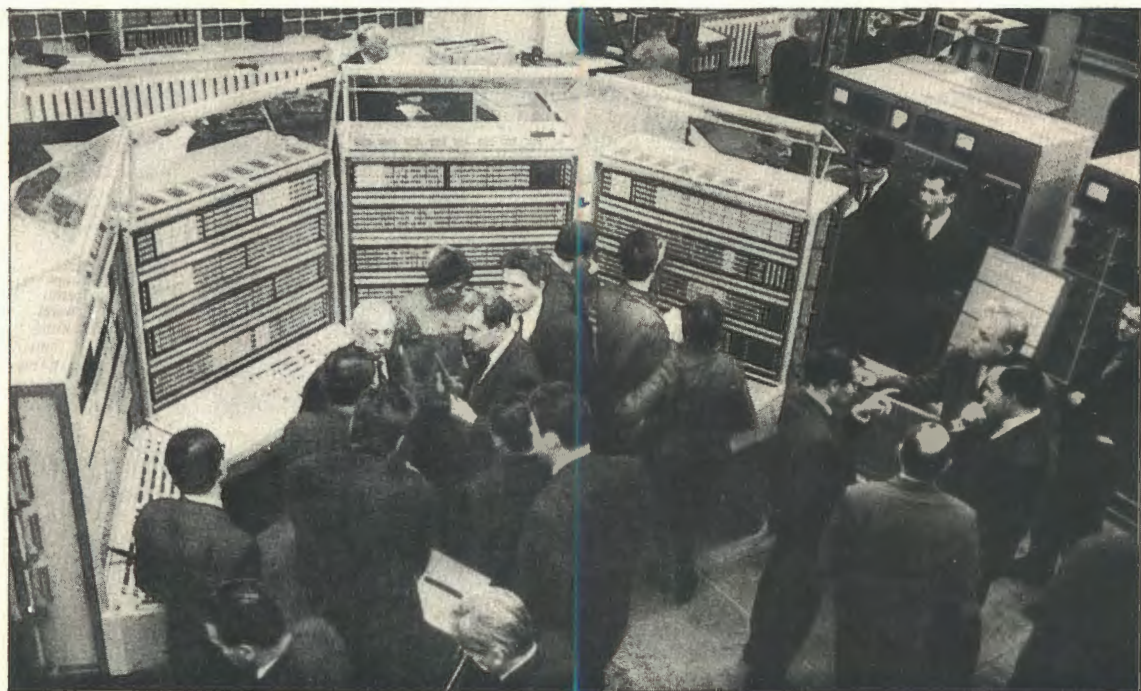
Проект связи БЭСМ-6 с машинами БЭСМ-4 и СДС-1604А, а также с внешними объектами принципиально решает проблему работы машин БЭСМ-6, БЭСМ-4 и СДС-1604А в системе единого измерительно-вычислительного комплекса.

2. Математическое обеспечение БЭСМ-6. Лаборатория вычислительной техники и автоматизации совместно с рядом советских институтов участвовала в разработке проекта системы математического обеспечения для серийного образца машины БЭСМ-6.

В течение всего года в ЛВТА совместно с ИФВЭ ГДР и ЦИФИ ВНР интенсивно велась работа по созданию транслятора с ФОРТРАНа для машины БЭСМ-6 в рамках проекта системы математического обеспечения для серийного образца машины. Закончено написание главных частей транслятора и начата автономная отладка ряда блоков транслятора.

Внесены необходимые изменения в опытный диспетчер машины БЭСМ-6 и разработаны алгоритмы подключения транслятора с ФОРТРАНа к математическому обеспечению опытного образца.

Подготовлено описание языка ЦЕРН-ФОРТРАН. Это описание издано в ОИЯИ. Рукопись также направлена в издательство "Наука" для издания



▲
Рис.63. В ЛВТА ведется монтаж большой электронной вычислительной машины БЭСМ-6. На снимке: члены Ученого совета ОИЯИ осматривают зал, где монтируется машина.



Рис.64. Члены Ученого совета знакомятся с устройством БЭСМ-6. На переднем плане проф. Г.Неводничанский и директор ЛВТА проф. М.Г.Мещеряков. ►

в виде книги. Внедрение языка ФОРТРАН в ОИЯИ позволит воспользоваться программами обработки экспериментальных данных из ЦЕРНа, а также программировать новые задачи с большей эффективностью.

Проводились работы по подготовке и написанию стандартных программ для БЭСМ-6. Проведены подготовительные работы по созданию проекта математического обеспечения системы машин.

3. БЭСМ-4. В ноябре 1967 года была сдана в опытную эксплуатацию вычислительная машина БЭСМ-4 (рис.65) и получена вторая БЭСМ-4 для ЛНФ. Разработан проект приспособления машины БЭСМ-4 для ее работы на линии с физической аппаратурой лабораторий института.

Запущен в эксплуатацию новый транслятор с АЛГОЛа, подготовлена документация по его использованию. Ведутся работы по запуску альфа-транслятора.

Создано устройство, предназначенное для подготовки перфокарт с информацией на программных языках АЛГОЛ и ФОРТРАН (рис.66). Устройство производит поочередную перфорацию перфокарт в соответствии с принятой системой кодирования, а также считывание и распечатку на рулонном телетайпе информации с пробитых перфокарт. Скорость устройства при перфорации составляет 200+250 символов в минуту.

4. Выносной пульт для связи оператора с машиной. В связи с расширением использования ЭВМ непосредственно в качестве активной части экспериментальной аппаратуры все более актуальной становится проблема реализации эффективного способа оперативной связи человека с ЭВМ.



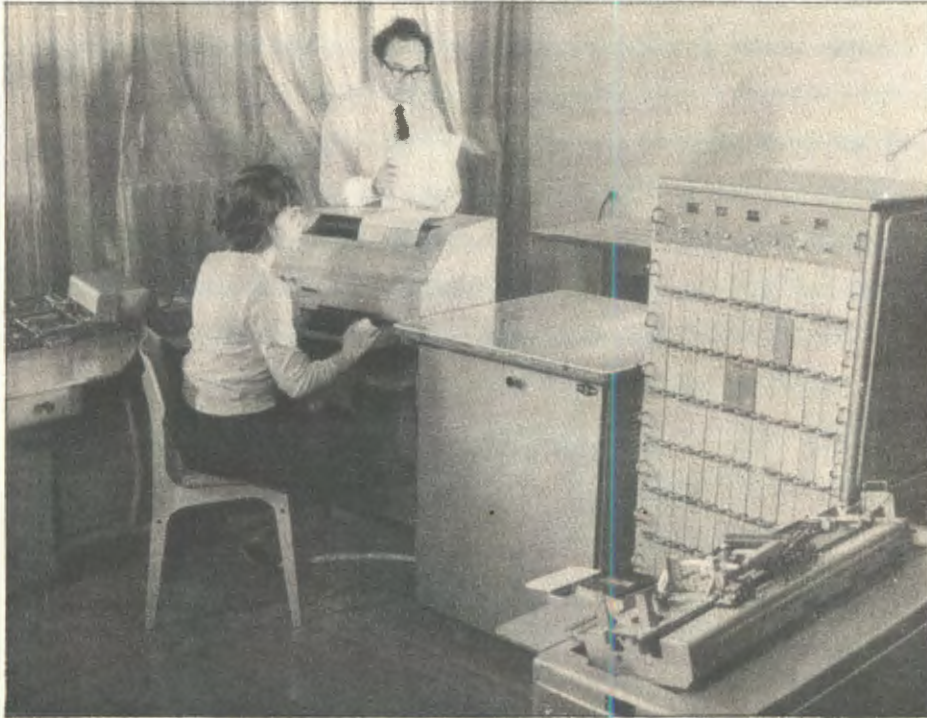


Рис.66. Устройство для алфавитно-цифровой перфорации и печати с перфокарт. У пульта установки ст.инженер Л.Л.Приходько и старший лаборант Н.Н.Амирханова.

Универсальный дистанционный пульт связи (УДПС), созданный в ЛВТА (рис.67), является попыткой решить эту проблему и дает возможность как ручного, так и автоматического ввода в ЭВМ разнообразной буквенно-цифровой информации, а также получения непосредственно с ЭВМ документов, которые можно использовать без дополнительных преобразований. УДПС



Рис.65. В зале электронной вычислительной машины БЭСМ-4. У пульта оператора Л.Лакомова и Т.Крохотина.

Рис.67. Универсальный дистанционный пульт связи с ЭВМ. ▶

обеспечивает прямую связь с ЭВМ, не требуя промежуточных носителей информации и дополнительных устройств подготовки. Для работы с пультом создана система программ.

УДПС создан на базе комплекта телеграфной аппаратуры ГДР - рулонного телетайпа Т-63 с перфоратором и трансмиттером - и снабжен электронной схемой, обеспечивающей согласование со стойкой связи, управление работой телеграфной аппаратуры и вырабатывающей сигналы двусторонней связи с ЭВМ (БЭСМ-3М). Скорость работы телетайпа - 420 симв./мин. УДПС установлен в 1 корпусе ЛВЭ.

5. "Минск-22". В феврале 1967 года была сдана в эксплуатацию ЭВМ

"Минск-22". На этой машине налажена схема связи с 8 объектами, введена в строй связь с машиной М-20-1 и измерительным центром ЛНФ. К машине "Минск-22" дополнительно были подключены 8 магнитофонов, второе устройство печати и фотоввод.

6. Математическое обеспечение ЭВМ "Минск-22". Проводились работы по созданию и усовершенствованию системы математического обеспечения для ЭВМ типа "Минск".

На базе системы МИС (интерпретатор и библиотека стандартных программ) для ЭВМ "Минск-2", созданной в ОИЯИ в 1965 году, в ЛВТА разработана новая система МИС для машины "Минск-22". Был написан ряд новых стандартных программ (выдача на алфавитно-цифropечатающее устройство графиков, таблиц и др.).

Создан комплексный тест проверки ЭВМ "Минск-22". Освоен и внедрен автокод "Инженер". Написаны программы ввода и расшифровки перфокарт ЭВМ М-20 на "Минск-22", что дало возможность печатать графики с перфокарт, полученных на М-20.

Все эти работы по мере их выполнения передаются во Всесоюзную ассоциацию пользователей ЭВМ "Минск" (г.Москва).

Развитие методов использования вычислительных машин на линии с экспериментальным оборудованием

1. Программное обеспечение эксперимента по изучению пр-расеяния с использованием спектрометра из искровых камер на линии с БЭСМ-3М. Совместно с ЛВЭ были продолжены исследования по двум направлениям:

1. Разработка и реализация программ контроля аппаратуры с целью получения информации для повышения эффективности физических приборов.
2. Повышение эффективности использования вычислительной мощности системы, где ЭВМ работает в реальном масштабе времени.

В настоящее время разработаны программы, позволяющие вести постоянный и надежный контроль всего комплекса физической аппаратуры, куда входят ускоритель, система избирательного запуска, спектрометр из искровых камер, передающая аппаратура и линия связи.

Одной из важнейших проблем в рассматриваемых экспериментах является исключение потери экспериментальной информации с физического объекта. Для решения этой проблемы разработана оптимальная, в рамках существующего технического обеспечения, организация обмена информацией между внешним объектом и ЭВМ.

В целях наиболее эффективного использования вычислительной мощности системы работа ЭВМ организована в режиме разделения времени.

2. Изучение K^0 -распадов с помощью методики ферритовых искровых камер. Разработан начальный вариант общей схемы программного обеспечения эксперимента (совместно с ЛВЭ). Создается библиотека стандартных программ для отбора и окончательной обработки полезных событий. Составлены программы вычисления параметров V^0 -событий.
3. Обработка спектров гамма-излучений и конверсионных электронов. Осуществлена (совместно с ЛНФ и ЛЯП) и успешно эксплуатируется спектрометрическая система для измерения гамма-спектров радиоактивных ядер на линии с ЭВМ "Минск-2" (подключен осциллограф со световым карандашом, спектрометрическое МОЗУ, в систему команд введена операция "+1", используется обратная связь).
4. Программное обеспечение спектрометрической обработки данных. Завершен проект системы математического обеспечения двухсторонней связи измерительных центров с ЭВМ "Минск". Имеется возможность работы ИЦ ЛЯП с использованием узкой магнитной ленты. Система по своей структуре допускает любое расширение за счет стандартных программ, без всякой переделки самой системы. Это позволит в дальнейшем самим физикам писать для конкретного эксперимента стандартные программы обработки. В настоящее время создан набор стандартных программ, позволяющий физикам-экспериментаторам выяснить вопрос о качестве проведения эксперимента.

*Создание систем программ обработки
экспериментальных данных*

Развивались и совершенствовались алгоритмы для программ обработки фильмовой информации. Продолжалась эксплуатация и дальнейшее совершенствование существующей в машинных кодах системы программ на машинах типа М-20, БЭСМ-3М и БЭСМ-4.

Проводились работы по созданию новой геометрической программы, предназначенной для обработки фильмовой информации с больших многообъективных пузырьковых камер. Программа пригодна как для обработки данных с водородных камер, так и с камер с тяжелыми жидкостями. В опытную эксплуатацию она запущена с июля 1967 года, проводятся работы по сокращению времени счета по ней.

Создана программа статистической обработки экспериментальных данных и ведется пробный счет.

Группой чехословацких сотрудников, работающих в ЛВТА, подготовлены на АЛГОЛе для БЭСМ-4 программы типа ГРАЙНД, СЛАЙС и САМКС. Программы написаны на альфа-языке, изучается возможность их быстрой адаптации для машины БЭСМ-6 путем использования системы "Альгибр" (транслятор с альфа-языка на БЭСМ-4, производящий программы для машины БЭСМ-6).

Проводились работы по созданию системы программ обработки данных с использованием языка ФОРТРАН для машины БЭСМ-6.

Развитие математических методов применительно к задачам ядерной физики и физики высоких энергий

В ЛВТА велись работы по развитию новых математических методов и созданию эффективных алгоритмов решения задач ядерной физики. Некоторые из этих исследований, наряду с большим прикладным значением, представляют несомненный математический интерес.

1. Методы решения нелинейных задач путем введения параметра. Многие задачи ядерной физики приводят к решению нелинейных функциональных уравнений. Был создан метод решения таких уравнений при помощи введения дополнительного непрерывного параметра. Разработаны численные методы решения, достаточно гибкие и простые в реализации на

ЭВМ, во многих случаях являющиеся более эффективными, чем существующие алгоритмы.

2. Приближенные методы решения задач математической физики. Проведены исследования по обобщению бесконечномерный случай одного метода академика А.Н.Тихонова для приближенного решения вырожденных систем линейных алгебраических уравнений. Разработанный в лаборатории метод относится к решению некорректных задач. Он был применен к приближенному решению задачи Дирихле для волнового уравнения.

Ряд работ посвящен изучению устойчивости систем разностных уравнений в равномерной метрике. Предложенная здесь теория применяется для численного решения модельной задачи расчета деформаций и напряжений в



Рис.88. Обработка фотографий, полученных на метровой жидководородной камере, с помощью просмотрного стола. На снимке: научный сотрудник Э.В.Козубский и лаборантка О.В.Катышева.

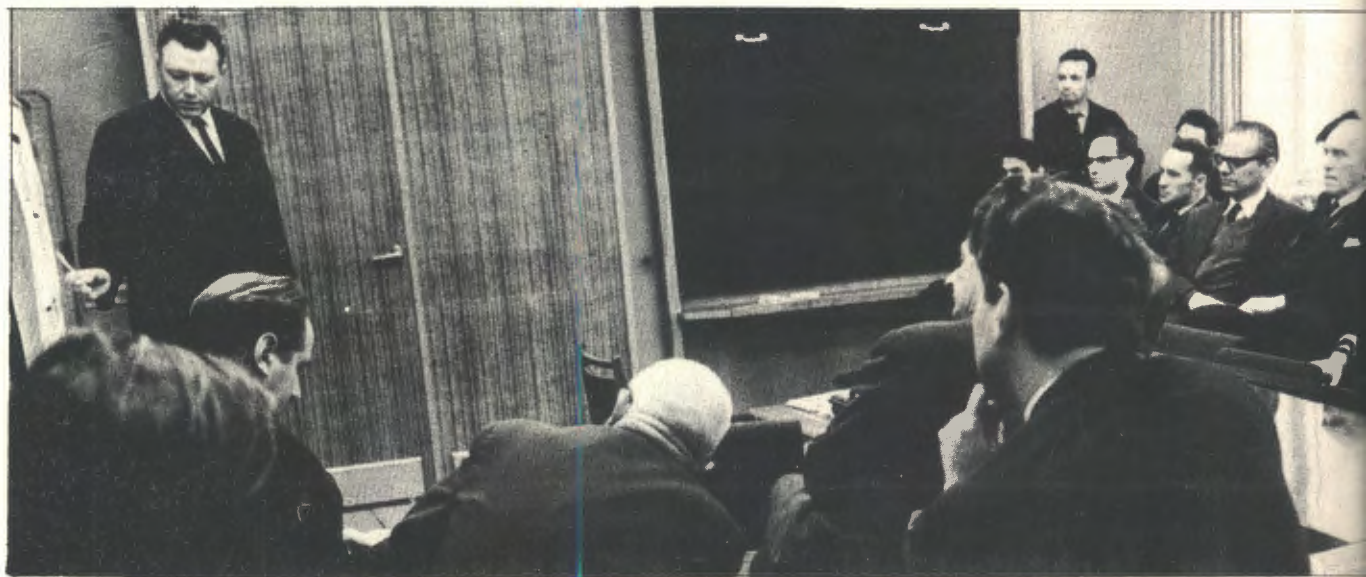
неравномерно нагретых телах, возникшей в связи с проектированием ИБРа-2.

Велись исследования по равномерному полиномиальному приближению функций. Создан итерационный метод отыскания многочленов наилучшего приближения для гладких функций. Метод достаточно прост для практического использования и является весьма экономичным с точки зрения затрат машинного времени.

3. Статистические методы. Совместно с Лабораторией ядерных проблем выполнена работа на тему "Дискриминация статистических гипотез с неизвестными параметрами при близких значениях χ^2 ". Рассмотрена задача сравнения гипотез, содержащих неизвестные параметры, каждая из которых не противоречит экспериментальным данным по χ^2 -критерию. Получена мажорированная оценка вероятности того, что, отвергая гипотезы, несколько хуже описывающие эксперимент, мы ошибемся. Оценка была успешно использована для отбора решений в фазовом анализе нуклон-нуклонного рассеяния.

В сотрудничестве с МГУ проведен ряд исследований по планированию экспериментов. Создан статистический метод планирования эксперимента в случае сильной нелинейности функций, связывающих непосредственно измеряемые величины с изучаемыми параметрами. Подготовлен обзор по методам планирования физического эксперимента.

Разработан вероятностный метод расчета искажений и корректирования спектров в ядерной спектроскопии.



Произведен расчет вариантов медленного резонансного вывода протонного пучка из синхрофазотрона.

Составлена программа и проведен расчет влияния нелинейного резонанса 4-го порядка в центральной области сильноточного фазотрона с пространственной вариацией магнитного поля.

Проведены исследования основных особенностей распределения электрического поля, возникающего между ускоряющими электродами в центральной области синхроциклотрона.

В Лаборатории вычислительной техники и автоматизации в сотрудничестве с Лабораторией нейтронной физики создана методика расчета интегральных характеристик трехмерного ядерного реактора. Составлена программа расчета трехмерного реактора с подвижным отражателем методом Монте-Карло. Было рассчитано несколько вариантов реактора, в результате чего выбрана оптимальная геометрия активной зоны и подвижного отражателя ИБР-2, обеспечивающая заданные значения характеристик импульсного источника.

5. Решение задач физики атомного ядра и теоретической физики. Результатом совместной деятельности сотрудников ЛВТА и ЛТФ явился вариант комплекса программ для ядерных расчетов. Проведен расчет ангармонических эффектов в четно-четных деформированных ядрах по программе, созданной в рамках общего комплекса. Как часть общего комплекса составлены новые варианты программ для расчета энергий коллективных состояний и вычисления собственных функций и собственных значений уравнения Шредингера со сферическим потенциалом Саксона-Вуда.

Разработан алгоритм для вычисления собственных значений и волновых функций задачи двух центров квантовой механики, а также матричных элементов по этим функциям. Вычислены таблицы матричных элементов.

Научно-экспериментальные исследования

1. Исследование pp -взаимодействия при 660 Мэв. Проведена обработка экспериментального материала по изучению на синхроциклотроне ЛЯП поляризационных эффектов в неупругих pp -соударениях. Из 500 тысяч фотографий событий, полученных на искровой камере, около 300 тысяч измерено с использованием полуавтомата ПУОС. Отлажены программы контроля и общая программа обработки экспериментального материала на ЭВМ для вычисления значений поляризации в неупругом pp -рассеянии. На ЭВМ "Минск-22" обработано 50% фильмовой информации.

Проводились дальнейшие исследования однобозонной обменной модели нуклон-нуклонного рассеяния. Получены выражения для амплитуд матрицы нуклон-нуклонного рассеяния. Показано, что учет тензорного мезона в рамках однобозонной обменной модели приводит к лучшему описанию экспериментальных фазовых сдвигов ${}^3P_{0,1,2}$ и 3D_1 нуклон-нуклонного рассеяния. Методом наименьших квадратов определены константы связи скалярного, псевдоскалярного, векторных и тензорного мезонов с нуклоном.

2. Исследование взаимодействий отрицательных пионов с протонами при импульсе 5 Гэв/с. Группой физиков ЛВТА совместно с ЛВЭ и ИФВЭ ГДР в 1967 году начата обработка снимков с метро-вой водородной камеры ЛВЭ.

Получено 75000 фотографий, начат систематический просмотр, измерения на полуавтоматах типа ПУОС, а также обсчет найденных событий. Начат также кинематический анализ, который выполнялся по программе ИФВЭ ГДР (для машины СДС-1604А) и программе ЛВТА (для машин М-20, БЭСМ-3М).

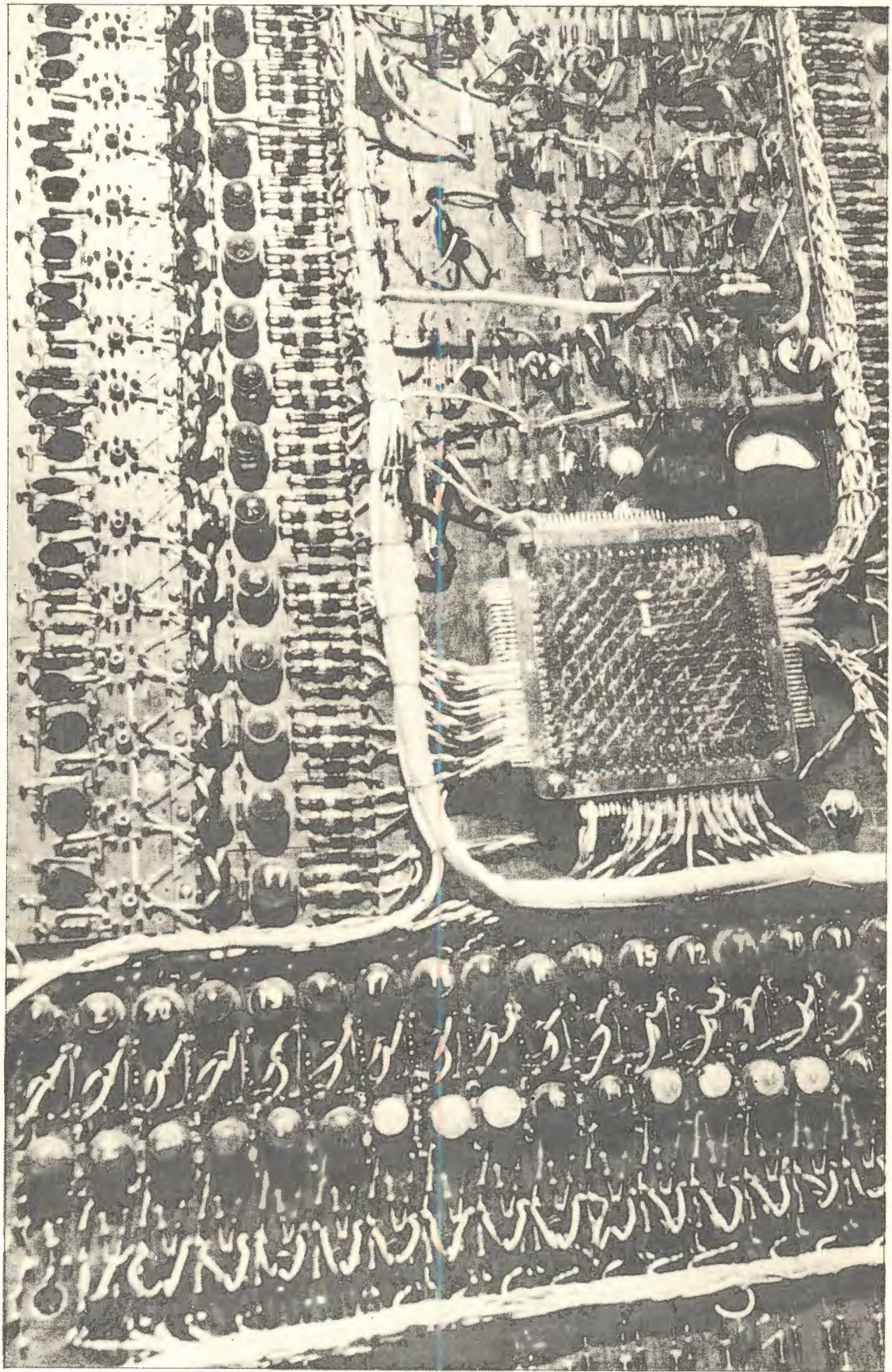
3. Подготовка технического проекта установки с большой стримерной камерой для исследований K -распадов проводится в сотрудничестве с ЛВЭ. В ЛВТА разработана принципиальная схема и подготовлено техническое задание на систему газообеспечения большой стримерной камеры. Проведены импульсные испытания геометрии высоковольтного генератора для питания формирующей линии.

Обработка фильмовой информации

За 11 месяцев 1967 года измерено 295 тысяч следов. Измерительная и просмотрная аппаратура работала нормально. Специалистами ЛВТА была оказана помощь в наладке ПУОСов в странах-участницах (НРБ, МНР, ПНР, ЧССР, СССР - ИТЭФ и Харьков). В отделе обработки фильмовой информации был успешно проведен экономический эксперимент по повышению производительности труда операторов на ПУОСах.

Работа электронных вычислительных машин

За год на машине М-20-1 выдано 5850 часов полезного машинного времени, на машине М-20-2 (к 15 августа 1967 года) - 3483 часа, на ЭВМ "Минск-2" - 7400 часов, "Минск-22" - 1200 часов, на машине БЭСМ-3М - 7500 часов.



Полностью выполнены заявки от всех лабораторий института по подготовке данных на перфокартах и перфолентах.

Служба информации и математической документации

В течение 1967 года производилось оформление математической документации выполненных в ЛВТА работ и обеспечение математической информацией физиков и математиков ЛВТА, других лабораторий ОИЯИ и сотрудников из стран-участниц.

За год оформлено и выпущено 98 публикаций материалов математической информации.

Снабжались математической документацией сотрудники стран-участниц ОИЯИ и прикомандированные работники. Так, в ДРВ и Монголию отправлено полное математическое обеспечение (описания и программы) для машины типа "Минск", в КНДР - материалы по математическому обеспечению машины типа БЭСМ-3М и типа "Минск". В Чехословакию, Болгарию, Румынию, Венгрию, Польшу, ГДР послана документация (программы и описания) о выполнении работ на машине типа М-20.

Производился обмен математической информацией с такими учреждениями Советского Союза, как ВЦ АН СССР, СОАН, ИФВЭ, ФТИ АН УССР, ИТЭФ, Институт ядерной физики (Алма-Ата), ФИАН и др.



Лаборатория
теоретической
физики

*Свойства симметрии элементарных
частиц*

Выполнен цикл работ по изучению высших симметрий с некомпактными группами. Показано, что теорию симметрии с бесконечными мультиплетами можно построить так, чтобы имела место нормальная связь между спином и статистикой. Рассматривались два унитарных представления группы Лоренца, которые образуют лестничную серию этой группы. Здесь было показано, что матричные элементы бесконечномерного представления имеют полюса в том случае, когда делается аналитическое продолжение этих элементов в комплексной плоскости параметров группы Лоренца. Этот факт не дает возможности доказать для бесконечномерных полей теорему о СРТ-инвариантности, спине и статистике.

Продолжались ранее начатые исследования возможности получения массовых формул в лестничных представлениях группы $U(6,6)$, были получены соотношения между массами не только барионов, но и мезонов.

Дано обобщение группы $SU(6)_w$ на неколлинеарные процессы. Релятивистская группа $SU(6)$ может быть построена для двухчастичных реак-

ций общего вида, а не только для коллинеарного случая, как считали ранее. Имеется целое семейство таких групп. В коллинеарном пределе все они переходят в $SU(6)_w$. На основе анализа экспериментальных данных по мезон-барионному рассеянию изучались нарушения $SU(6)_w$. Выяснено, что спин-четность $X(960)$ -мезона нельзя считать установленной экспериментально. Из найденной массовой формулы следует, что девятым псевдоскалярным мезоном является $E(1920)$ - мезон, а не $X(960)$.

Показано, что условия сходимости интегральных преобразований приводят к ряду асимптотических теорем типа теоремы Померанчука.

Изучение структуры теории поля

В изучении структуры современной квантовой теории поля большой интерес представляют исследования, в которых намечены пути выхода за рамки обычной теории. К ним принадлежат работы по нелинейным и нелокальным моделям поля.

Предложены исследования основных постулатов квантовой теории поля в связи с аналитическими свойствами S - матрицы.

Рассмотрена проблема квантования нелинейного скалярного поля Борна-Инфельда. Имеется точное решение классических уравнений этого поля. Было установлено, что решение квантовых уравнений не совпадает с классическим (как это имеет место в линейном случае). Только упругая часть S - матрицы дает связь in и out операторов, совпадающую с классическим решением.

Точно решена задача квантования мезонного и электронного полей в поле плоской электромагнитной волны.

К нелинейным теориям весьма близко примыкают нелокальные. Среди основных постулатов локальной теории существенное место занимает предположение о том, что обобщенные функции, появляющиеся в обычной теории, являются обобщенными функциями умеренного роста. Это предположение связано с определением локальных свойств обобщенных функций. Были исследованы модели нелокального взаимодействия и найден класс релятивистски-инвариантных обобщенных функций, соответствующий этой модели.

Рис.71. В работах Лаборатории теоретической физики, принимают участие ученые из различных стран. На снимке (слева направо): доктор Х.Роод из Голландии, стипендиат ОИЯИ доктор К.Ахмед из Пакистана и старший научный сотрудник Нгуен Ван Хьеу (ДРВ). ►



В этих же работах была показана возможность построения нелокальной S - матрицы, конечной и унитарной в каждом порядке теории возмущений.

Построен нетривиальный пример квантовой теории поля с неперенормируемым взаимодействием. Эта модель унитарна и не содержит ультрафиолетовых расходимостей.

Рассмотрена одна из точно решаемых моделей теории поля в связи с вопросом о причинности в этой модели.

Была исследована структура неперенормируемой теории. Найдено точное решение системы уравнений Швингера в простой неперенормируемой теории поля. При этом был использован новый метод аналитического продолжения по константе связи, который может быть применен и к исследованию более сложных теорий.

Роль теории тяготения в теории элементарных частиц

Продолжались исследования теории тяготения с точки зрения реалистической регуляризации расходимости собственной энергии элементарных частиц. Были рассмотрены возможности включения, кроме гравитационного, других известных полей и их влияния на собственную массу системы. Выполнена работа по квантовой теории поля в пространстве де Ситтера. Квантование в такой модели ранее не проводилось.

Метод сильных взаимодействий

Велись исследования асимптотического поведения сечений неупругих процессов. Получены различные неравенства для сечений неупругих процессов множественного рождения при заданном угле вылета одной из конечных частиц. Эти соотношения являются следствиями общих постулатов об аналитичности и унитарности.

Проведено исследование по изучению верхнего предела "радиуса" элементарных частиц, в котором этот предел получается на основе аналитических свойств формфактора, в зависимости от модуля формфактора в физической области аннигиляционного канала.

Рассмотрены общие методы определения спинов и четностей частиц и резонансов. На основе инвариантности относительно вращений и отражений показано, что сравнение асимметрии и поляризации реакций типа $0 + \frac{1}{2} \rightarrow 0 + \frac{1}{2}$ позволяет однозначно определить относительную внутреннюю четность частиц. Недавно этим способом были определены внутренние четности

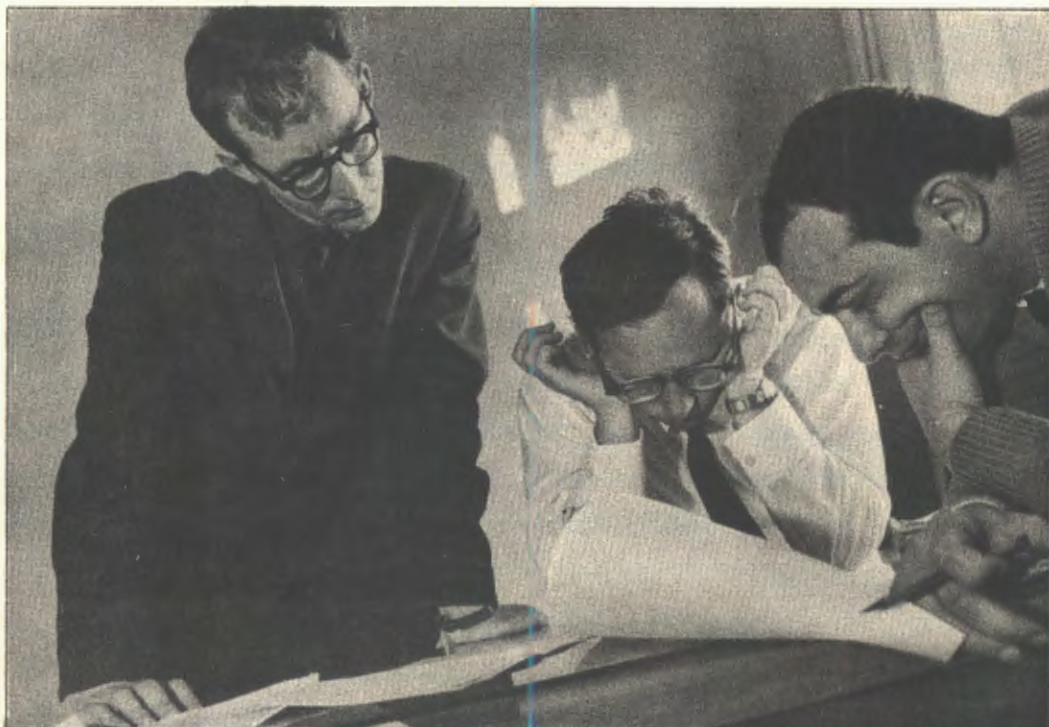


Рис.72. Одной из важнейших проблем, разрабатываемых в ЛТФ, является теория деформированных ядер. В этих работах под руководством проф. В.Г.Соловьева (в центре) участвуют молодые теоретики Л.Малов (слева) и И.Христов.

Σ - и Ξ - гиперонов. Затем этот метод был обобщен на общий случай бинарных реакций с участием частиц с произвольным спином.

Рассматривались также общие методы проверки принципов инвариантности. Предложен общий метод проверки СРТ-инвариантности. Показано, что для этого нужно сравнить поляризации и асимметрии в реакции $\bar{p} + p \rightarrow \bar{p} + p$.

В связи с экспериментами на ускорителе Института физики высоких энергий по определению электромагнитного формфактора пи-мезона рассмотрено рассеяние пи-мезона поляризованными электронами. Показано, что изучение асимметрии в πe - рассеянии дает возможность определить формфактор пи-мезона.

Изучались эффекты поворота спина в мезон-нуклонном рассеянии при высоких энергиях. Эти эффекты являются единственным источником информации о спиновой структуре взаимодействий, если поляризация, возникающая при столкновениях неполяризованных частиц, асимптотически исчезает (как это предписывается теорией полюсов Редже). Предложена новая постановка опыта по изучению параметра поворота спина (поляризация мишени направлена по импульсу из нуклона отдачи). Такая постановка

опыта имеет определенные экспериментальные преимущества и естественна с теоретической точки зрения.

Алгебра токов и дисперсионные правила сумм

Выполнен цикл работ по получению и применению дисперсионных правил сумм в теории сильных, слабых и электромагнитных процессов.

Изучены дисперсионные правила сумм для амплитуд мезон-барионного рассеяния и фоторождения мезонов на барионах в рамках $SU(3)$ -симметрии сильных взаимодействий. Разработан метод дисперсионных правил сумм для амплитуд мезон-барионных аннигиляционных процессов. Методом дисперсионных правил сумм выведены известные соотношения Адлера-Вайсбергера и Кабиббо-Радикати.

Изучена связь статистического предела дисперсионных правил сумм для мезон-барионного рассеяния и фоторождения мезонов на барионах с подходом, основанным на кварковой составной модели элементарных частиц.

Проведено исследование представлений локальной алгебры токов при помощи релятивистской модели кварков. Найдено выражение для аксиальной константы связанной системы двух частиц. Получены и исследованы релятивистски-инвариантные уравнения, описывающие связанные состояния двух частиц в квантовой теории поля. Установлена связь этих уравнений с уравнениями квазипотенциального подхода. Формулируется вопрос о токах и зарядах связанных состояний, коммутационных соотношениях, которым удовлетворяют эти токи в пределе бесконечного импульса.

"Сверхсходящиеся правила сумм" обобщены на случай неубывающих амплитуд. Полученные правила сумм позволяют связать параметры высокоэнергетического рассеяния с интегралами от полных сечений или реальных частей амплитуд упругого рассеяния по области низких и средних энергий.

Правила сумм проанализированы для πp - и $K p$ -рассеяния в рамках модели полюсов Редже. Показано, что параметры Редже, полученные из этих правил сумм, находятся в хорошем согласии со значениями этих параметров, известными из анализа высокоэнергетического рассеяния.

Исследованы различные применения дисперсионных правил сумм. Показано, что они могут быть исследованы для отображения соотношений между сечениями при высоких энергиях в область низких энергий.

В рамках модели, объединяющей теорию полюсов Редже и схему нарушенной $SU(3)$ -симметрии, получен ряд соотношений между сечения-

ми мезон-нуклонных и нуклон-нуклонных столкновений при высоких энергиях.

Показано, что массовые формулы в нарушенной симметрии могут быть получены как следствие определенного асимптотического поведения амплитуд рассеяния векторных мезонов на мезонах и барионах, без детального знания алгебраических свойств взаимодействия, нарушающего симметрию.

Проводились исследования возможности ковариантной формулировки алгебры токов.

Приближенные методы в теории поля

Завершен большой цикл исследований по статистическим моделям. Выяснен смысл функции обрезания в статистических моделях. Показано, что она учитывает эффекты неупругих взаимодействий, или иначе - аннигиляционный канал.

С помощью особого рода диаграммной техники найдено уравнение квазипотенциального типа для релятивистской амплитуды рассеяния скалярных частиц. Показано также, как данный формализм может быть применен в скалярном случае. Проведен последовательный анализ спиновых структур квазипотенциала. Найден релятивистский аналог трехмерного конфигурационного пространства. Развитый формализм чрезвычайно близок к обычной нерелятивистской теории. Это позволяет надеяться, что при таком подходе может быть получено адекватное релятивистское обобщение идей Редже.

Показано, что реджевский параметр $\alpha(t)$ имеет простую физическую интерпретацию в релятивистском рассеянии в классическом случае. При этом найдено: $\alpha(\alpha+1) < 0$. Это соответствует появлению лишь унитарных представлений группы Пуанкаре в разложении амплитуды рассеяния. Получен также нерелятивистский аналог "дочерних" траекторий Редже.

Были рассмотрены модели барионов и мезонов на основе модели квазинезависимых частиц. В предположении, что кварки движутся в некотором усредненном поле, с помощью уравнения Дирака для отдельных кварков найдены волновые функции барионов и мезонов. В такой простой модели вычислены магнитный момент нуклонов, отношение μ/μ_N и электромагнитный радиус протона. Полученные результаты находятся в хорошем согласии с экспериментом.

Продолжались работы по изучению кварковой модели элементарных частиц. Была рассмотрена возможность получения соотношений между полными и неупругими дифференциальными сечениями рассеяния адронов в предположении, что между кварками действуют только трехчастичные силы, а

двухчастичные – только между кварками и антикварками. В результате было установлено, что барион-барионные и барион-мезонные столкновения не могут дать информации о характере кварковых сил, поскольку эти соотношения совпадают с соотношениями, полученными в предположении парного характера сил. Таким образом, только мезон-мезонные столкновения могут дать информацию о характере взаимодействия.

Свойства симметрии и слабые взаимодействия

Изучались нелептонные распады адронов с несохранением четности. В рамках полюсной модели с гамильтонианом ток \times ток получены амплитуды распадов и предложен механизм правила отбора $\Delta T = 1/2$. Эти же распады были рассмотрены на основе модели кварков. Показано, как разрешается известный парадокс, связанный с распадом $K^0 \rightarrow 2\pi$.

Сильные и электромагнитные взаимодействия и структура нуклона

Совместно с группой экспериментаторов ЛВЭ проведена большая работа по изучению радиационных распадов векторных мезонов. В частности, был поставлен и проведен эксперимент по измерению ширины лептонных распадов e^+e^- нейтральных векторных мезонов (ρ, ω, ϕ). Результаты этой работы имеют большое значение для проверки следствий унитарной симметрии и модели векторной доминантности электромагнитных взаимодействий адронов.

Выполнен цикл работ по исследованию правил сумм и их применению к взаимодействию фотонов с нуклонами и ядрами. Получены точные правила сумм, связывающие статистические характеристики систем (радиусы, магнитные моменты и т.д.) с интегралами от сечений фотопоглощения. Изучены следствия асимптотических свойств симметрий для слабых и электромагнитных вершинных функций и применение правил сумм, вытекающих из алгебры токов, к малонуклонным системам (точные правила сумм для сечений фоторасщепления ядер $d, {}^3H, {}^3He$).

Рассмотрены следствия возможного нарушения дискретных симметрий (СРТ) в электромагнитных взаимодействиях, в частности, в процессах рассеяния электронов на системах с высшими спинами (дейтон и т.д.).

Проведен цикл работ по множественному рождению частиц в рамках предложенной унитарно-симметричной статистической модели. Была показана важность многочастичных взаимодействий и необходимость их учета

при исследовании взаимодействий нуклонов и мезонов в области энергий $1 \cdot 10$ Гэв.

Изучался каскадный механизм взаимодействия быстрых дейтронов с ядром, исследовались вопросы взаимодействия высокоэнергетических нуклонов с веществом.

CPT - теорема

Изучалась возможность нарушения CP- и T-инвариантности. Построена геометрическая теория электромагнитного поля и его взаимодействия со спинорными частицами, нарушающего CP- и T-инвариантность. Исследованы экспериментальные пути обнаружения такого взаимодействия.

Были исследованы некоторые возможности, которые могли бы повести к появлению распадов $K^0 \rightarrow 2\pi$ в вакууме на больших расстояниях от мишени без нарушения CP-инвариантности.

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

Теоретики института совместно с сотрудниками ЛВТА продолжали разработку методов расчета и составление единой программы комплекса вычислений на БЭСМ-6. В рамках этой задачи завершена разработка и исследована точность приближенного метода расчета уровней среднего поля. Для потенциала Вудса-Саксона отработана схема уровней для ядер редкоземельной области. Составлена программа для расчета матричных элементов мультипольных переходов с волновыми функциями потенциалов Нильссона и Вудса-Саксона.

Структура сложных ядер

Широко ведется изучение квазичастичных и коллективных состояний деформированных ядер. Рассчитаны однофононные состояния для большой группы ядер. Исследована ангармоничность однофононных колебательных состояний и показано, что она мала для сильнодеформированных ядер и увеличивается для ядер переходной области.

Проведены расчеты равновесных деформаций основных состояний четно-четных ядер. Рассчитаны равновесные деформации возбуждаемых состояний и исследована возможность существования изомеров формы. Изучены парные корреляции сверхпроводящего типа для ядер в области $100 < A < 256$.

Исследована роль спиновых взаимодействий в коллективном движении в ядрах и $E0$ - переходах, классифицированы 0^+ - возбужденные состояния ядер.

Начато изучение ряда свойств круглых ядер. На базе микрогамма-спектроскопии с парными и квадрупольными силами проанализирована роль ангармонических поправок и проведены расчеты квадрупольных и магнитных моментов четных ядер.

Исследованы изобар-аналоговые состояния в ядрах с замкнутой нейтронной оболочкой. Изучены свойства низколежащих уровней ряда нечетных круглых ядер путем введения остаточных взаимодействий. Продолжались работы по теории остаточного взаимодействия в ядрах и по теории вращения ядра. Начаты работы по определению скорости электромагнитных переходов в ядрах между состояниями с разной деформацией.

Ядерные реакции

Проведены исследования реакций срыва на деформированных ядрах, и на базе дифракционного метода дан ряд физических иллюстраций к этой теории. Разработан высокоэнергетический метод описания потенциального рассеяния частиц на ядрах. Продолжалось изучение упругого рассеяния электронов на ядрах с учетом возбуждения однофононного уровня.

Создан метод описания реакций с перераспределением частиц, не требующий предположения о малости взаимодействия, и начаты прикладные расчеты. Обобщен метод единой теории ядерных реакций с учетом тождественности частиц. Рассматривались вопросы корректности методов единой теории. Разработан подход к теории неупругих процессов.

Ведутся работы над точно решаемой моделью резонансного рассеяния.

Исследовались конкурирующие процессы образования компаунд-ядра и прямых реакций с участием ионов ${}^6\text{Li}$. Изучен также механизм прямых реакций на легких ядрах с участием более сложных частиц, рассмотрен вопрос о спектроскопической информации, получаемой в таких реакциях.

Некоторые вопросы теории легких ядер и ядерный захват мезонов

Проведены расчеты асимметрии нейтронов в μ - захвате, обусловленной двухнуклонным механизмом поглощения.

Исследованы свойства ядер ${}^{15}\text{C}$, ${}^{15}\text{N}$, ${}^{15}\text{O}$ - бета-распад, γ - переходы, гигантский дипольный резонанс.

Изучались реакции выбивания и подхвата ассоциаций нуклонов с целью изучения правильности предположений модели оболочек.

*Потенциал нуклон-нуклонного рассеяния
и расчет основных характеристик ядер.
Мезонная теория ядерных сил*

Проведен анализ экспериментальных данных по упругому нуклон-нуклонному рассеянию до 330 Мэв на основе разработанной мезонной теории ядерного потенциала. Вычислены матричные элементы зависящего от скорости нуклон-нуклонного потенциала, следующего из мезонной теории, и рассмотрены аналоговые потенциалы нуклон-антинуклонного взаимодействия.

*Некоторые вопросы задачи многих тел,
приложения к конденсированным средам*

Развивается методика двух временных функций Грина в задачах статистической физики. Проведено изучение сегнетоэлектриков с водородной связью и предложен метод учета ангармоничности высших порядков в кристаллах.

Продолжаются исследования электрон-фоонных взаимодействий в неидеальных кристаллах, ведется расчет кинетических коэффициентов. Исследована частотная зависимость электропроводности металла с немагнитными примесями в широком интервале частот и температур.

Изучается влияние примесей в магнитных кристаллах. Совместно с Институтом физики металлов АН СССР предложена методика измерения магнетонного спектра идеального кристалла на основе рассеяния нейтронов в магнитном кристалле с примесями. Проведен расчет локальных колебаний примесных атомов в металлах типа меди и сравнение с экспериментами ЛНФ по рассеянию нейтронов в металлах с примесями.

Другие работы

Закончена работа по интерпретации экспериментов, которые обнаружили, что ядерная реакция $\pi^- + p \rightarrow \tau^0 + n$ в воде и других веществах типа $Z_m H_n$, содержащих водород подавлена примерно на два порядка по сравнению с реакцией в чистом водороде. Установлена причина этого эффекта: оказалось, что за него ответственны химические силы между атомами H и Z . На этой основе предложен метод, позволяющий отличать связанный водород от свободного.

Решена задача двух центров квантовой механики. На этой основе сформулирован общий подход к решению задач рассеяния с участием трех частиц, взаимодействующих по закону Кулона, и вычислена энергия связи системы.



■ **III. СОЗДАНИЕ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ
АППАРАТУРЫ
И РАБОТА
ОСНОВНЫХ УСТАНОВОК
В 1967 ГОДУ**



Лаборатория высоких энергий

Искровые камеры и электроника

В 1967 году в лаборатории продолжалось развитие методики бесфильмовых искровых камер.

1. Разработан проект новой системы магнестрикционных искровых камер на линии с электронной вычислительной машиной. Эта система включает в себя унифицированные искровые камеры, регистрирующую электронную аппаратуру и электронную вычислительную машину типа БЭСМ-3 или БЭСМ-4. Искровые камеры – многотрековые. Планируется изготовление большой партии искровых камер (около 150 штук) для нескольких экспериментов. Электронная аппаратура построена на основе широкого применения интегральных микромодульных схем. Первый образец установки предполагается использовать для проведения K^0 -мезонного эксперимента в ИФВЭ.
2. Создана новая экспериментальная установка с искровыми камерами с ферритовым съемом информации, работающая на линии с электронной вычислительной машиной БЭСМ-3М. Установка подготовлена к проведению тестового эксперимента на синхрофазотроне.

3. Создан измерительный центр лаборатории, в котором сосредоточена следующая электронная аппаратура:

- а) система регистрации координат для магнитострикционных искровых камер;
- б) системы приема координат с ферритовых искровых камер;
- в) два 10 - канальных пересчетных устройства, работающих на линии с ЭВМ;
- г) телетайп;

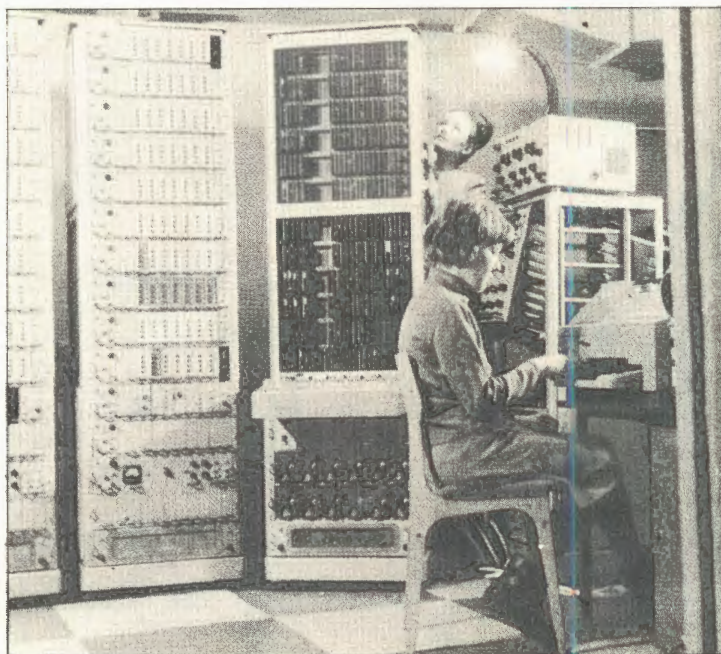
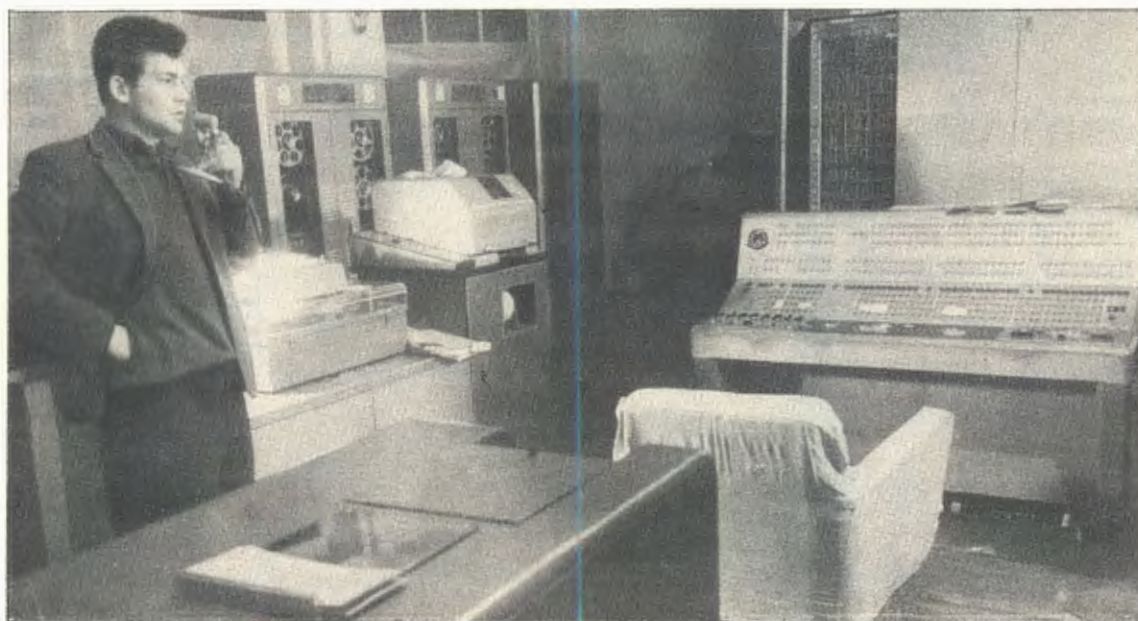


Рис.73. Измерительный центр ЛВЭ. У пульта электронной вычислительной машины - инженер Г.М.Су-сова.

Рис.74. В зале БЭСМ-3М измерительного центра ЛВЭ во время проведения эксперимента с бесфильмовыми искровыми камерами. На снимке - младший научный сотрудник И.М.Ситник.



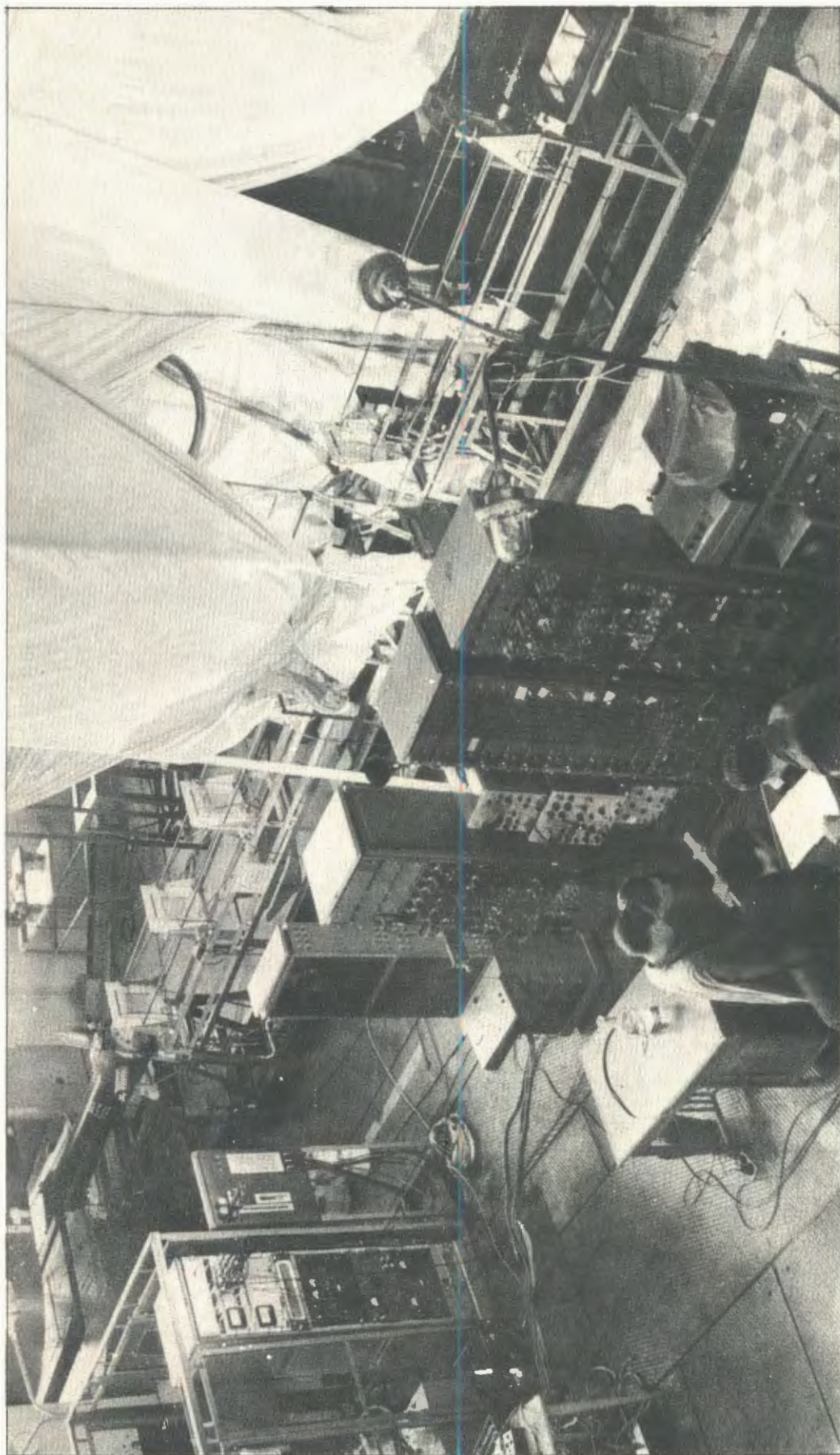


Рис.75. Установка из магнитоэлектрических искровых камер, работающая на линии с БЭСМ-3М, используется в экспериментах по изучению π^-p - рассеяния на малые углы.

- д) последовательная линия связи экспериментальной аппаратуры с электронной вычислительной машиной БЭСМ-3М;
- е) параллельная линия связи с БЭСМ-3М;
- ж) коммутатор, обеспечивающий работу на линии с ЭВМ нескольких экспериментальных установок;
- з) блоки питания фотоумножителей, используемых в экспериментах.

4. Система блоков быстрой электроники на 100 Мгц разработана и передана на изготовление в Центральные экспериментальные мастерские. Система предназначена для использования в экспериментах со сцинтилляционными и черенковскими счетчиками.

5. Бесфильмовая искровая камера, работающая в магнитном поле до 15 кгаусс, разработана и испытана в пучке π^- -мезонов синхрофазотрона. Исследования в этом направлении продолжаются.

Большие пузырьковые камеры

В соответствии с договором о сотрудничестве Объединенного института с ИФВЭ продолжались работы по подготовке экспериментов на больших пузырьковых камерах ЛВЭ в пучках ускорителя на 70 Гэв. Выполнены следующие наиболее важные работы:

1. Двухметровая пропановая камера. На фотографиях, полученных при облучении камеры в пучке π^- -мезонов, отобрано несколько сотен со-



Рис.76. Подготовка 2-метровой пропановой камеры к экспериментам в ИФВЭ. На снимке: начальник отдела Н.М.Вирясов, ст.техник Г.В.Покидова, руководитель группы М.П.Баландин, начальник отдела М.И.Соловьев обсуждают проблему улучшения эксплуатационных характеристик камеры.



Рис.77. Для экспериментов на ускорителе ИФВЭ создается 2-метровая жидководородная камера. На снимке: инженер-технолог А.И.Староверов и руководитель группы В.А.Русаков обсуждают рабочие чертежи камеры.

бытий с V^0 - частицами и γ - квантами для отработки программ на ЭВМ. Разработан проект эксперимента и размещения камеры в Институте физики высоких энергий. Начаты работы по модернизации ряда узлов двухметровой пропановой камеры: системы расширения, оптической системы камеры для пленки размером 50 мм и др.

2. Двухметровая жидководородная пузырьковая камера. Завершена доработка "теплой" части и значительно переработана "холодная" часть механизма расширения. Изготовлены чертежи и опытный образец нового пневмоклапана, проведены его испытания. Разработана и изготовлена значительная часть электронных систем управления и индикации режима работы камеры. Испытаны на вакуум корпус камеры, вакуумный кожух и башня теплообменников. Выданы все необходимые данные для разработки проектного задания и начала строительства павильона в ИФВЭ.

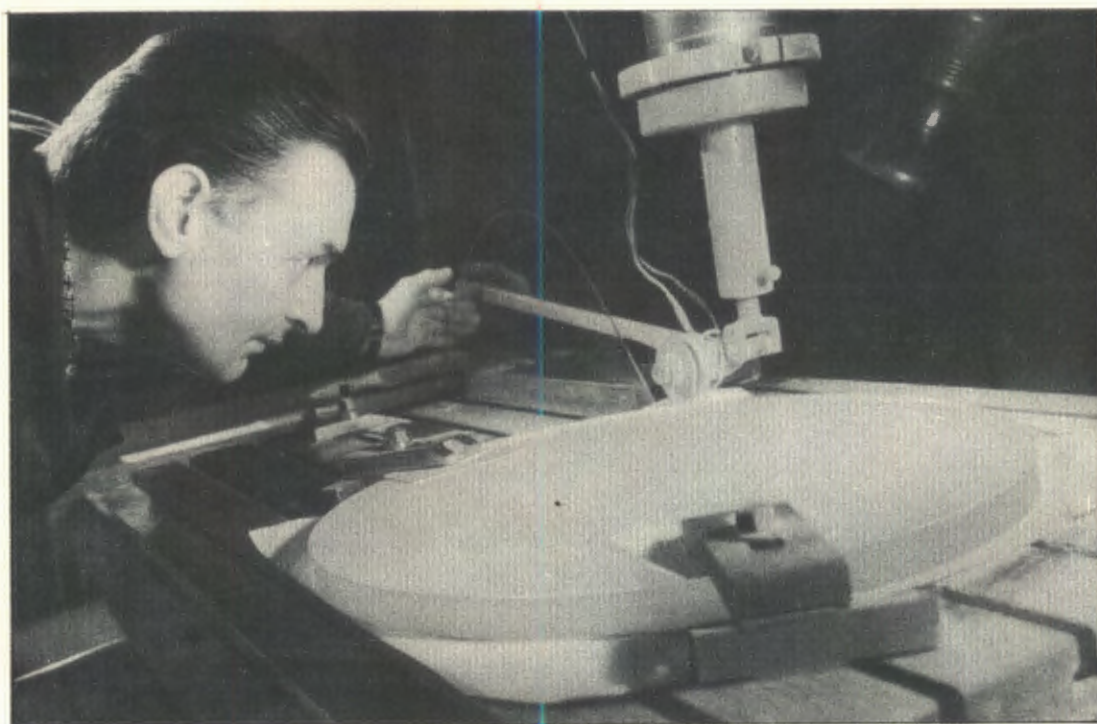


Рис.78. Изготовление раstra для 2-метровой жидководородной камеры.

Работы по синхрофазотрону

1. Основные показатели работы синхрофазотрона.

Показатели	Часы	%
Запланированное время работы	4674	100
В том числе:		
1. Время работы на экспериментальные исследования по физике	3280	70,2
2. Время работы по усовершенствованию ускорителя	780	16,9
3. Затрата времени на подготовку к работе физической аппаратуры и на технологическую подготовку ускорителя	253	5,4
4. Эксплуатационные простои	361	7,7
Средняя интенсивность $4,5 \cdot 10^{10}$ прот/имп (максимальная - $1,1 \cdot 10^{11}$).		

В пучках вторичных частиц от синхрофазотрона были проведены экспозиции следующих пузырьковых камер:

а) на метровой жидководородной камере в пучке π^- -мезонов с импульсом 5 Гэв/с получено более 95 тысяч фотографий;

б) на 55-сантиметровой ксеноновой камере в процессе наладки сепарированного пучка K^+ -мезонов с импульсом 0,6 Гэв/с сделано около 150 тысяч фотографий;

в) на 2-метровой пропановой камере в пучке π^- -мезонов с импульсом 2,76 Гэв/с получено более 20 тысяч фотографий;

г) на метровой пропановой камере в пучке π^- -мезонов с импульсом 5 Гэв/с получено 63 тыс. фотографий.

Каналы пучков частиц

За 1967 год смонтированы и сданы в эксплуатацию два новых π^- -мезонных канала:

1. Канал на 2-7 Гэв/с:

Длина	-	45 м
Интервал импульсов	-	$\pm 1\%$
Входная апертура	-	$3 \cdot 10^{-4}$ стерад
Расходимость	-	$1,5 \cdot 10^{-3}$ стерад
Интенсивность ($\rho c = 4,75$ Гэв)	-	$1,5 \cdot 10^4$ на 10^{11} протонов, сбрасываемых на мишень
Размеры пучка в месте установки водородной мишени	-	40×40 мм ²

2. Канал на 5 Гэв/с:

Длина	-	50 м
Интервал импульсов	-	$\pm 1\%$
Расходимость	-	10^{-2} стерад
Размеры пучка в месте установки водородной мишени	-	70×70 мм ²
Интенсивность ($\rho c = 4,5$ Гэв)	-	$3 \cdot 10^4$ на 10^{11} протонов, сбрасываемых на мишень.

3. Для проведения работ по повышению эффективности электростатических сепараторов разработан, смонтирован и находится в стадии наладки каскадный генератор на ± 400 кв постоянного тока. Разработана документация на изготовление электростатического сепаратора

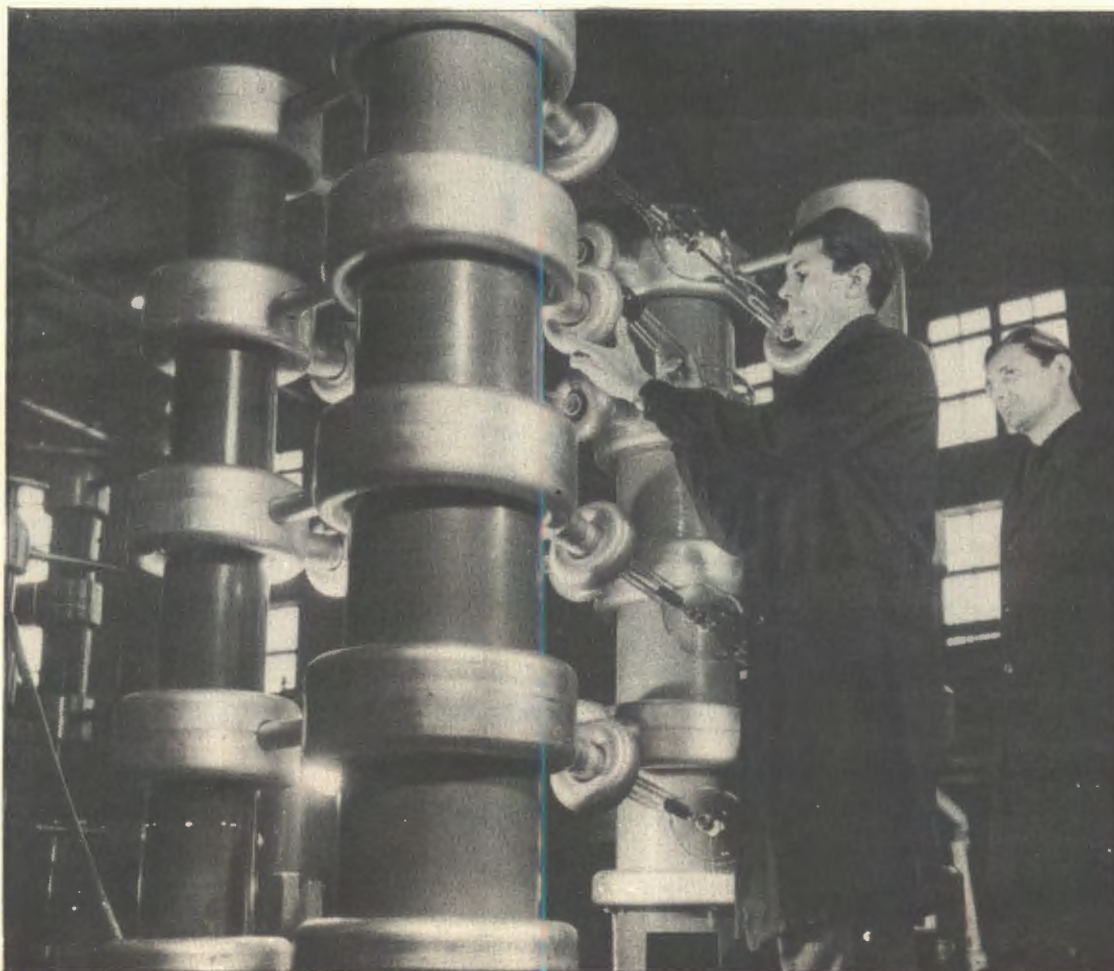


Рис. 79. Каскадный генератор на ± 400 кв постоянного тока, разработанный и созданный в Лаборатории высоких энергий.

на 800 кв и на высоковольтные вводы напряжения в вакуумную камеру сепаратора на 400 кв постоянного тока.

4. Система формирования мощных импульсов тока (установка ИК-1-2) на токи в сотни килоампер введена в эксплуатацию. С помощью этой системы проведены испытания образцов катушек, изготовленных в ЧССР и предназначенных для получения импульсных магнитных полей с напряженностью до 200 кгс.

Создан проект и выполнен макет соленоида другого типа (большой объем магнитного поля) с необходимой системой питания. Испытания этого образца, проведенные при напряженности поля 130 кгс, дали положительные результаты.

5. Система дозировки пучка π -мезонов при работе метровой жидководородной камеры введена в эксплуатацию. Это позволило в процессе экспозиции поддерживать нужное число частиц с точностью не хуже 10%.

6. Разработан проект и выполнена действующая модель электростатического генератора с дисковым ротором на напряжение до 300 кВ, при этом точность поддержания напряжения (до 150 кВ) составляет $5 \cdot 10^{-3}$.

Усовершенствование синхрофазотрона

1. Продолжались исследования и разработки, связанные с проектированием и изготовлением нового инжектора — линейного ускорителя на 20 МэВ. Завершено изготовление резонатора линейного ускорителя, изготовлено и испытано более 60% дрейфовых трубок, изготовлена и испытана система охлаждения и стабилизации температуры резонатора линейного ускорителя. Закончены теоретические исследования по выбору оптимального варианта системы ввода пучка из линейного ускорителя в камеру синхрофазотрона. Сконструирован отклоняющий магнит.
2. В 1967 году успешно осуществлен быстрый вывод пучка протонов (10 ГэВ) из синхрофазотрона (рис.80,81). Эффективность вывода составила 50%. Начата разработка системы медленного вывода пучка протонов из ускорителя.



Рис.80. Импульсный выводной магнит с полем до 10 кгаусс для быстрого вывода протонного пучка. На снимке: руководитель группы И.Б.Иссинский, механик М.Д.Ершов и ст. техник Ю.Ф.Кусатин снимают характеристики магнита.

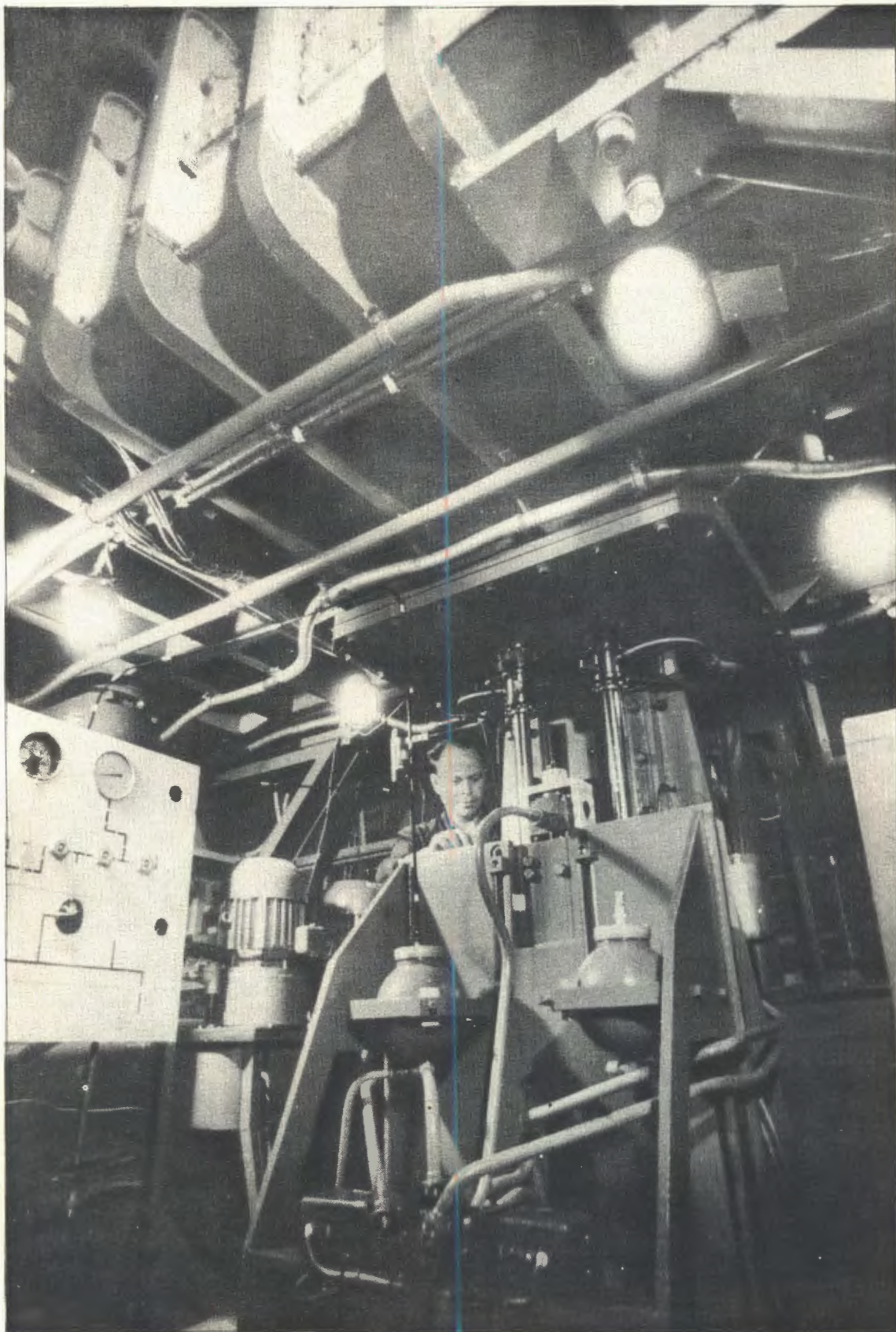
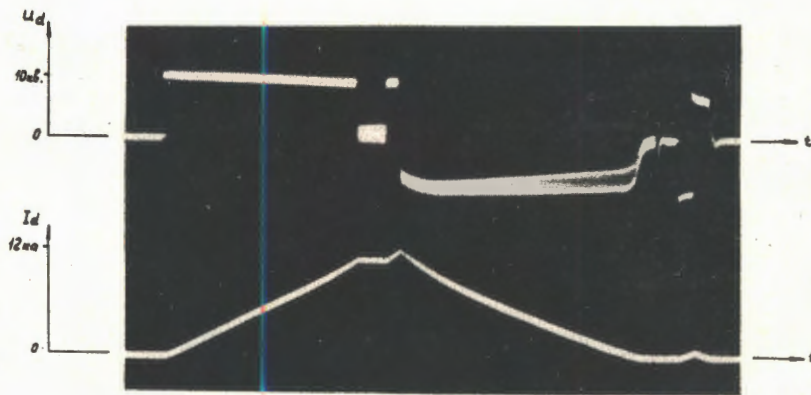


Рис.81. Гидромеханизм, с помощью которого выводной магнит поднимается в рабочее положение внутри вакуумной камеры ускорителя.

Рис.82. Осциллограммы выпрямленного напряжения и тока преобразователя системы питания при работе в режиме "стула" с площадкой тока на уровне 11,5 ка.



3. Существенным методическим новшеством, осуществленным на синхрофазотроне, явилось введение в эксплуатацию режима "стула в кривой главного тока" (рис.82). Такой режим работы ускорителя является особенно эффективным при работе физической аппаратуры на линии с электронно-вычислительной машиной.

Лаборатория ядерных проблем

Аппаратура для исследований с элементарными частицами

1. Получение сверхнизких температур. Продолжалась работа по развитию осуществленного в лаборатории метода получения сверхнизких температур путем растворения ^3He в ^4He . Впервые создана установка, обеспечивающая получение в стационарном режиме при высокой холодопроизводительности сверхнизкой температуры $0,012^\circ\text{K}$. Общий вид установки показан на рис.83. Был разработан и создан оригинальный теплообменник с рабочей поверхностью 10^5 см^2 (см. рис.84,85). С его помощью в стационарном режиме была достигнута температура $0,012^\circ\text{K}$. Эту температуру следует рассматривать как исходную. Путем добавления к установке небольшого бустерного теплообменника для предварительного охлаждения ^3He в системе может быть получена температура $0,01^\circ\text{K}$.

В своей первоначальной постановке задача имела узкую цель - создание поляризованной мишени нового типа с высокой степенью поляризации на основе вещества с большим содержанием водорода. Однако создание

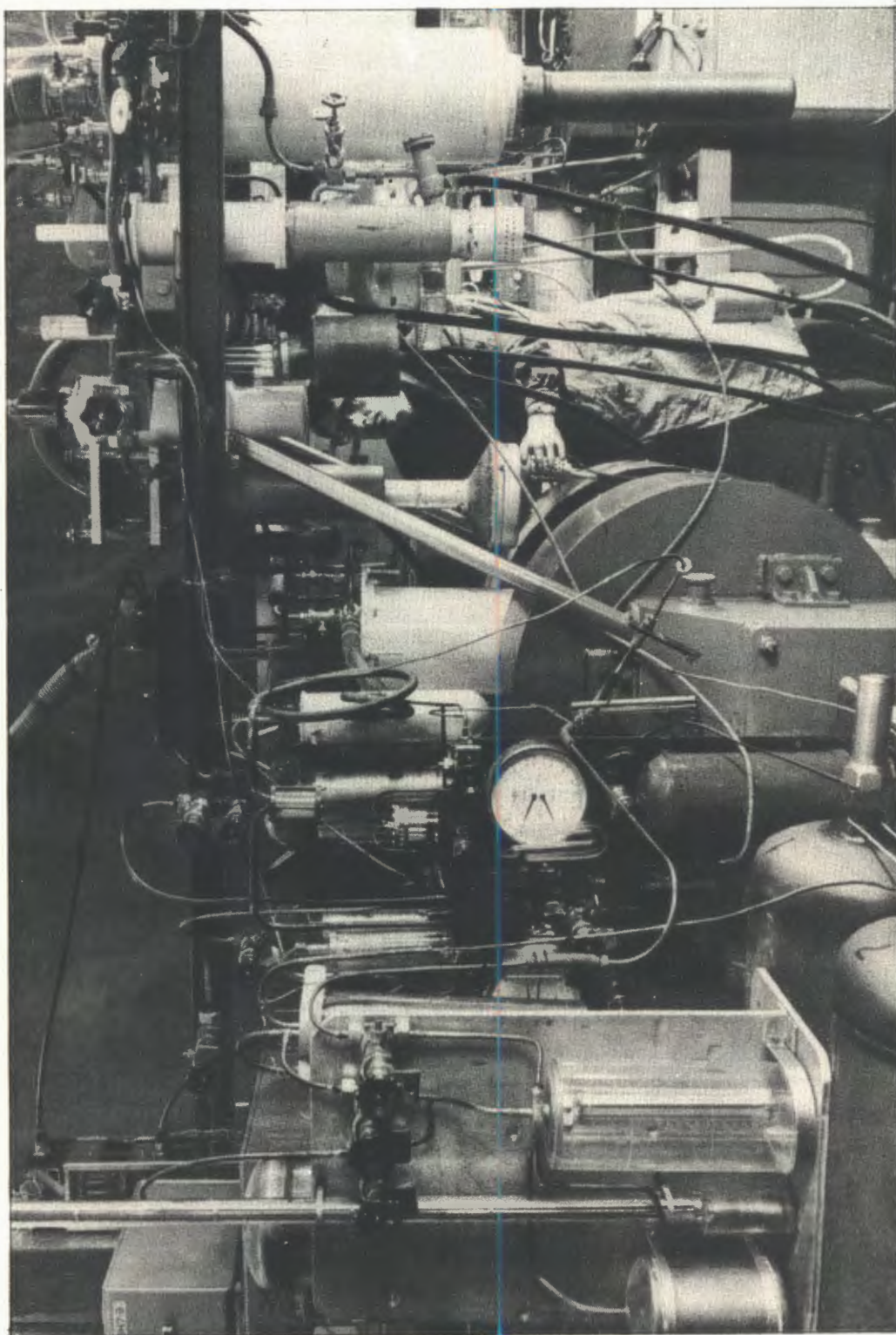


Рис. 83. Общий вид установки высокой холодопроизводительности при низкой температуре, работающей на основе метода растворения ^3He в ^4He . На установке работает мл. научный сотрудник Н. Борисов.

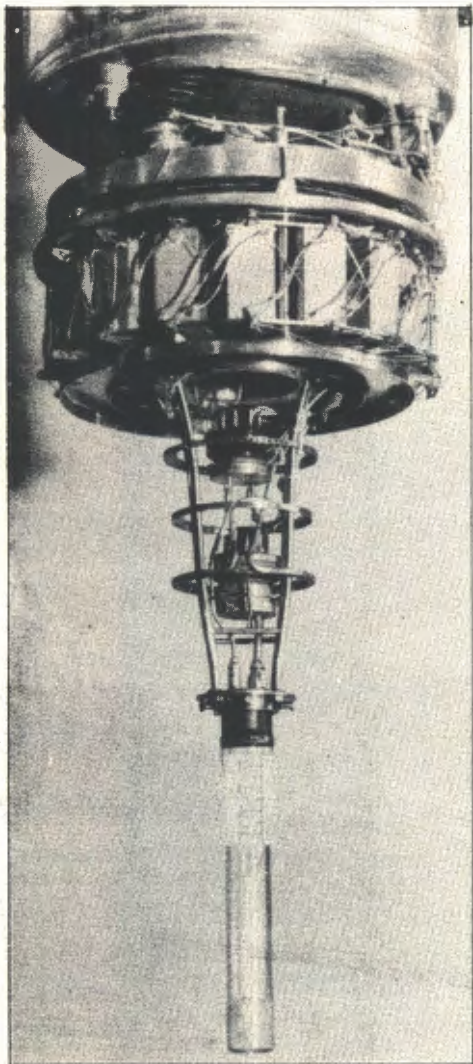
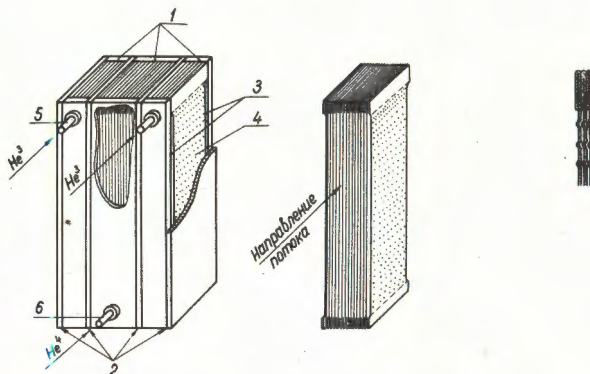


Рис.84. Общий вид холодильной ступени.



Конструкция отдельной секции теплообменника

1. Коллекторные пластины.
2. Вакуумные пластины.
3. Зазоры коллекторов.
4. Теплопередающий элемент теплообменника (профилированная медная фольга толщиной 15 мк.)
5. Вход He^3 .
6. Выход раствора He^3 в He^4 .

Рис.85. Схема оригинального теплообменника холодильной установки.

Рис.86. Общий вид экспериментального образца управляемой жидкостной камеры.

новой холодильной машины с температурой, отличающейся на сотую долю градуса от абсолютного нуля, открывает широкие возможности для использования ее в разнообразных и важных исследованиях не только в области физики элементарных частиц, но и в области физики низких температур, физики твердого тела и т.д.

2. Разработан метод быстрой инверсии поляризации поляризованной протонной мишени на основе кристалла ЛМН. Быстрая инверсия поляризации достигается с помощью адиабатического прохождения протонного резонанса. В экспериментах наблюдалась почти полная инверсия заселенности магнитных уровней. Создана аппаратура для быстрого изменения знака поляризации в рабочем варианте поляризованной мишени.
3. Предложен путь создания управляемой жидкостной трековой камеры. В основу положен принцип формирования треков заряженных частиц при расщеплении двухкомпонентного раствора на ионах. Средой, в которой должны наблюдаться треки частиц, являются растворы жидкости или

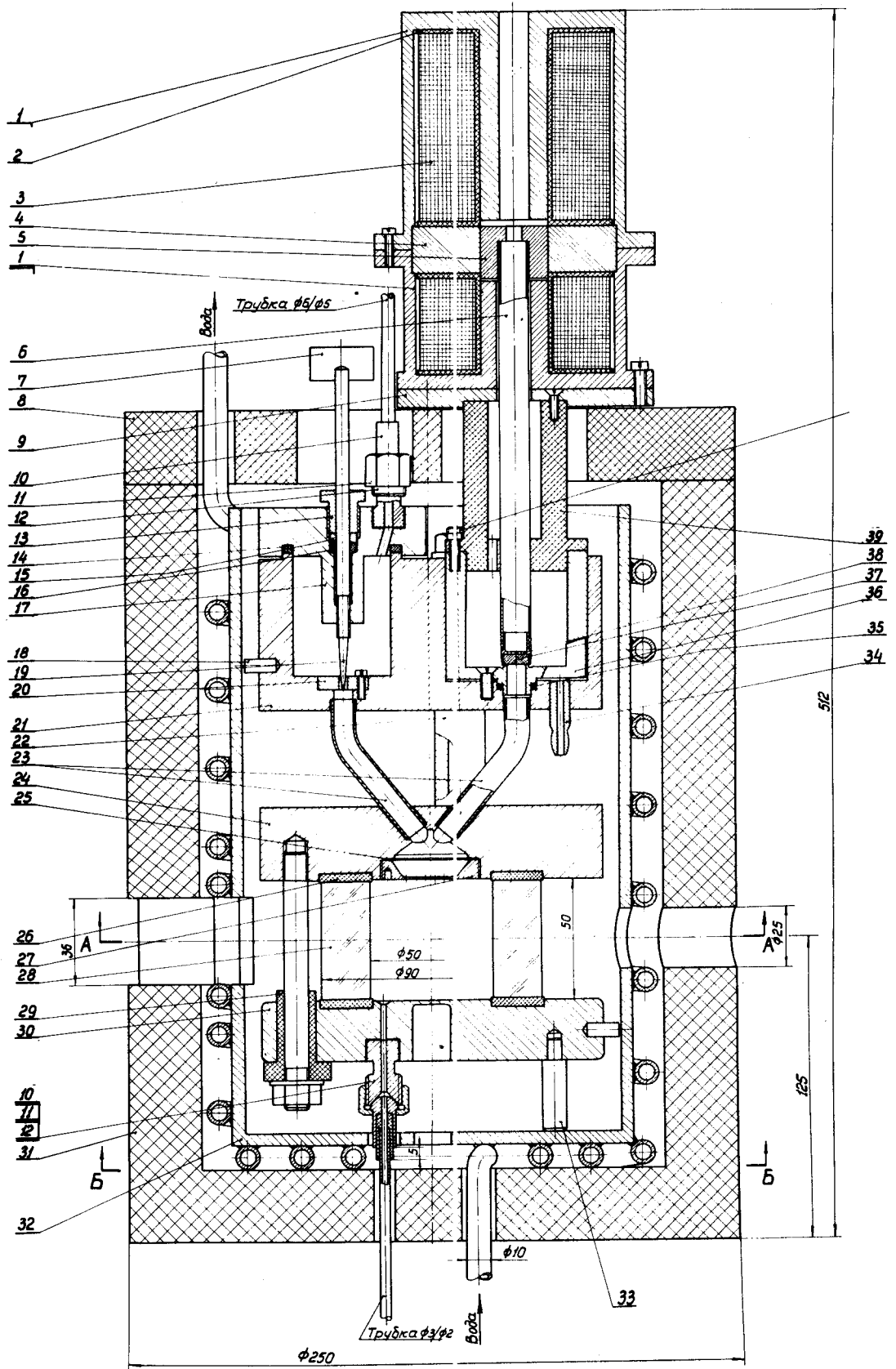




Рис.87. Обсуждение технических деталей установки для получения и исследования короткоживущих изотопов, которая создается для работы непосредственно на пучке протонов синхроциклотрона. Слева направо: научные сотрудники из ГДР Х.Тиррофф, Р.Арльт, руководитель группы Г.Музиоль.

твёрдого тела с большой диэлектрической постоянной в жидкости с меньшей диэлектрической постоянной. В таком растворе в состоянии пересыщения растворенное вещество будет выделяться на долгоживущих ионах как зародышах. Путем изменения давления над поверхностью раствор можно перевести в пересыщенное состояние. На рис.86 показан общий вид экспериментального образца новой камеры. Предлагаемая камера может управляться внешней системой селекции частиц и позволит производить выборочную регистрацию определенных событий.

4. Создан спектрометр по времени пролета с высоким временным разрешением ($2\tau = 0,44 \cdot 10^{-9}$ сек).

Аппаратура для ядерно-спектроскопических исследований

1. Для обработки и измерений гамма-спектров и спектров конверсионных электронов радиоактивных ядер создана и успеш-

но эксплуатируется спектрометрическая система, включающая полупроводниковый гамма-спектрометр (на основе кристалла германия) на линии с ЭВМ "Минск-2". Разработаны программы. Обработка результатов измерений при этом ускоряется в десятки раз.

2. Проведен большой комплекс методических и монтажных работ по изготовлению масс-сепаратора для разделения изотопов радиоактивных ядер. В частности, завершены работы по созданию и измерению топографии магнитного поля, камеры, системы питания и других узлов.
3. Закончены работы по автоматизации двух бета-спектрометров.
4. Изготовлена установка для измерения времен жизни возбужденных состояний ядер с $2\tau = 3 \cdot 10^{-10}$ сек.

Автоматизация

Основные усилия в 1967 году были направлены на создание центра накопления и обработки экспериментальной информации, систем передачи информации в ЭВМ "Минск-2" и разработки ряда автоматических и полуавтоматических устройств, предназначенных для обработки фильмовой и бесфильмовой информации.

1. Введена в действие первая очередь центра накопления и обработки информации в здании синхроциклотрона. Центр состоит из 6 измерительных систем типа АИ-4096, в которые был введен ряд усовершенствований применительно к условиям работы на синхроциклотроне. Центр успешно используется в физических экспериментах, проводимых сотрудниками отделов экспериментальной ядерной физики и ядерной спектроскопии и радиохимии.

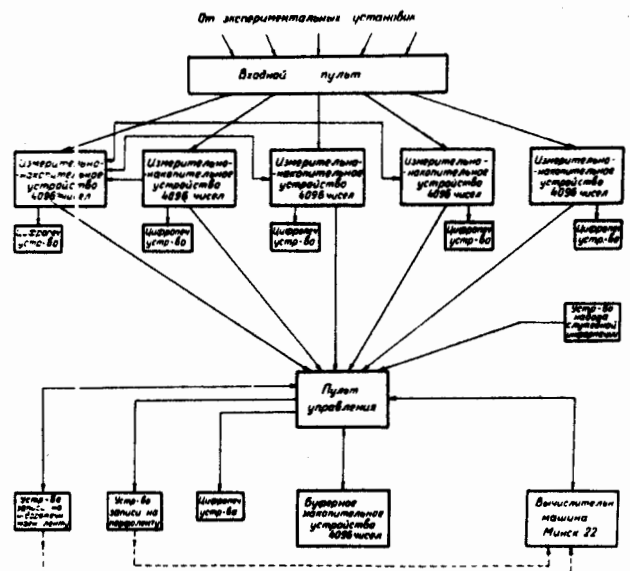


Рис.88. Схема центра накопления и обработки информации.

2. Для передачи информации из измерительных систем АИ-4096 в вычислительную машину "Минск-2" разработана и введена в действие система из двух накопителей с узкой четырехдорожечной магнитной лентой. Кроме того, разрабатывается система непосредственной передачи информации из измерительных систем в вычислительную машину по кабелю.
3. Высококачественный преобразователь амплитуд импульсов в код на 4096 каналов, сочленяемый с измерительной системой АИ-4096, создан для прецизионного измерения амплитуд импульсов с полупроводниковых детекторов.
4. Разработан макет нитяной искровой камеры, имеющей 256 нитей, и система вывода информации с нее с помощью ферритовых колец на накопительное устройство анализатора АИ-4096.
5. Проведено усовершенствование системы двухсторонней связи групп полуавтоматических устройств для обработки снимков с пузырьковых камер и ЭВМ "Минск-22". Начата опытная эксплуатация системы.
6. Около 200 блоков различной стандартной электронной аппаратуры наносекундного диапазона, разработанной в лаборатории, передано в течение года физическим группам.
7. Разработан широкодиапазонный время-амплитудный конвертор, имеющий диапазон измерения от нескольких нсек до нескольких мсек



Рис.89. Общий вид центра накопления и обработки экспериментальной информации Лаборатории ядерных проблем. У аппаратуры - ст. техник А.П.Кустов, ст. инженер Н.А.Чистов, инженер А.А.Сафрошкина.



*Рис.90. Общий вид модуля
искровой камеры для пяти-
метрового искрового спектро-
метра, предназначенного для
работы на ускорителе ИФВЭ.*

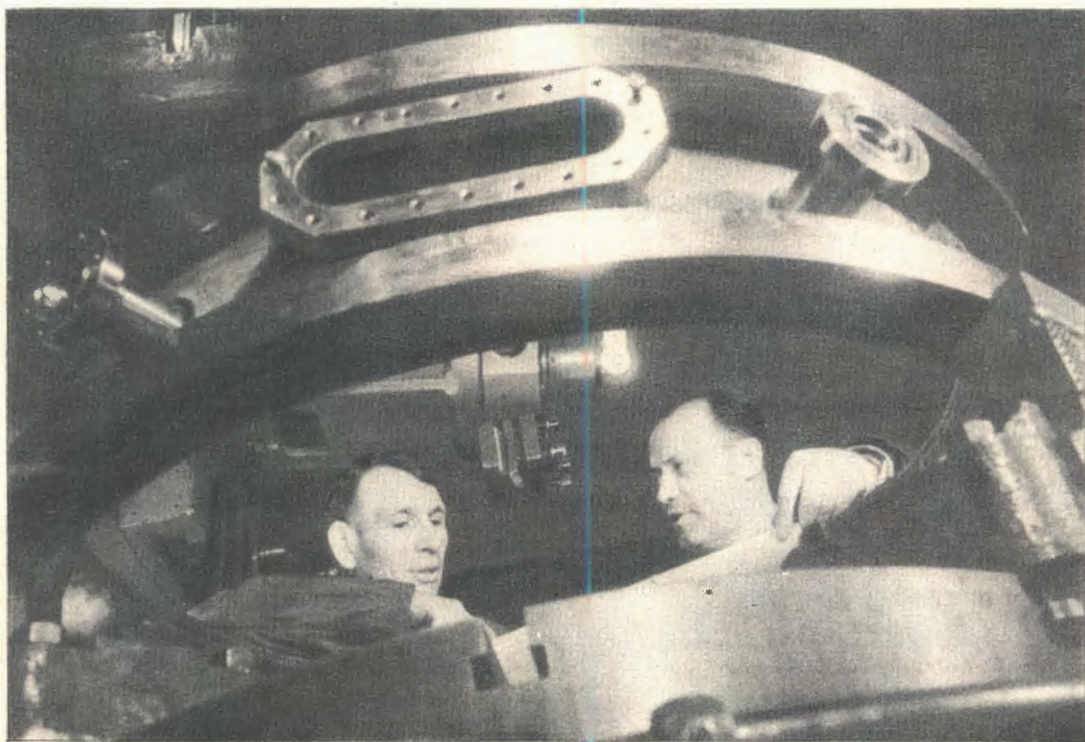
и разрешение $1,4 \cdot 10^{-12}$ сек. Конвертор обладает большой температурной и временной стабильностью.

*Создание крупных экспериментальных ус-
тановок для исследований на ускорителе
70 Гэв ИФВЭ*

1. Пятиметровый магнитный спектрометр. Подготовлено детальное описание спектрометра и всех его узлов, а также предварительная программа выполняемых с его помощью исследований с частицами высоких энергий (пи- и ка-минус-мезоны и антипротоны с импульсом около 30 Гэв). В Проектном институте по заданию Лаборатории ядерных проблем создан рабочий проект спектрометра. Разработано задание и ведется проектирование оптической системы спектрометра. Составлено и выдано в ЛВТА задание на проект сканирующего устройства для обработки фотографий со спектрометра. Значительно продвинулись работы по созданию для спектрометра камер и систем их питания.
2. Проектирование многокубовой жидководородной камеры. Камерным отделом Лаборатории ядерных проблем, криогенном отделом ЛВЭ и группой ИФВЭ было подготовлено и издано физико-техническое обосно-

вание проекта многокубовой жидководородной пузырьковой камеры, предназначенной для работ на ускорителе 70 Гэв ИФВЭ. Это обоснование было направлено в страны-участницы ОИЯИ и в проектные организации Государственного комитета по использованию атомной энергии СССР. Дальнейшее развитие работ идет в направлении моделирования отдельных наиболее ответственных узлов установки. Ведутся расчеты и исследования, связанные со светооптической системой камеры, расширительной системой. Спроектирован и находится в стадии изготовления соленоид из сверхпроводника для имеющейся в лаборатории 25-сантиметровой жидководородной камеры. Этот соленоид в определенной мере является моделью соленоида многокубовой жидководородной камеры.

3. Поиски тяжелых частиц и антиядер. Составлен совместно с ИФВЭ и рассмотрен Координационным советом проект опыта. Начато изготовление электронной аппаратуры, отработан и испытан на пучках синхротрона прототип спектрометра по времени пролета. Заказ на оптические устройства размещается в ЧССР.

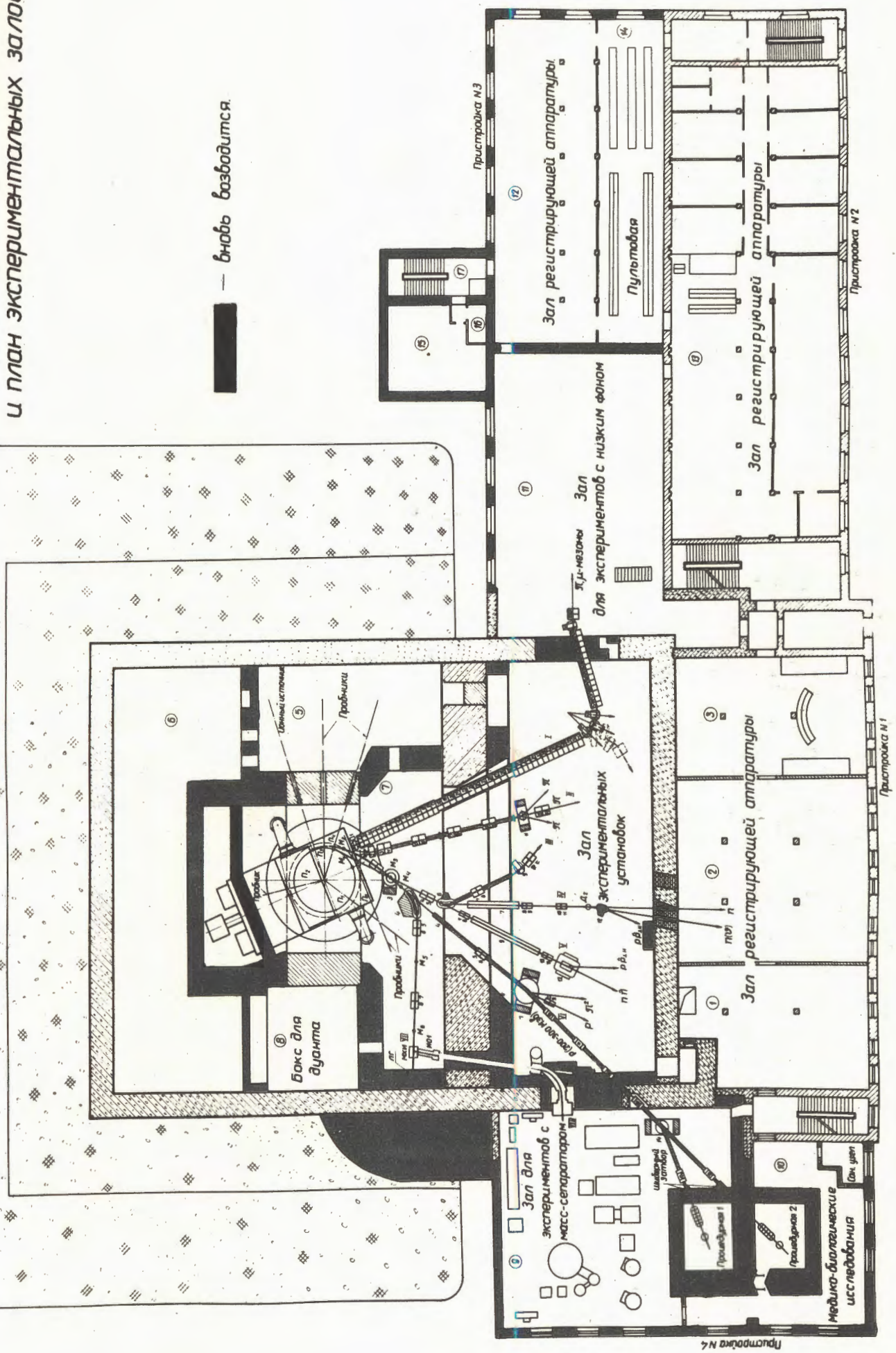


▲
Рис.91. Один из элементов соленоида из сверхпроводника, создаваемого в отделе многокубовой жидководородной камеры. На снимке: токарь Г.Ф.Горшков, инженер А.П.Маныч.

Рис.92. Общий вид проекта сильноточного фазотрона на энергию 700 Мэв, схема пучков и план экспериментальных залов. ►

Схема пучков установки Ф.
и план экспериментальных залов.

— вьюнь возводится.



4. Исследование поляризационных эффектов в pp - и pn -рассеянии при энергиях частиц до 30 Гэв. Проект опыта находится в стадии проработки. Решающим моментом в постановке этих экспериментов является новая поляризованная мишень, создаваемая на основе вещества с большим содержанием водорода и с высокой степенью поляризации, обеспечивающей применение сверхпроводящего соленоида с полем 30 тыс. эрстед.

Разработки в области ускорителей

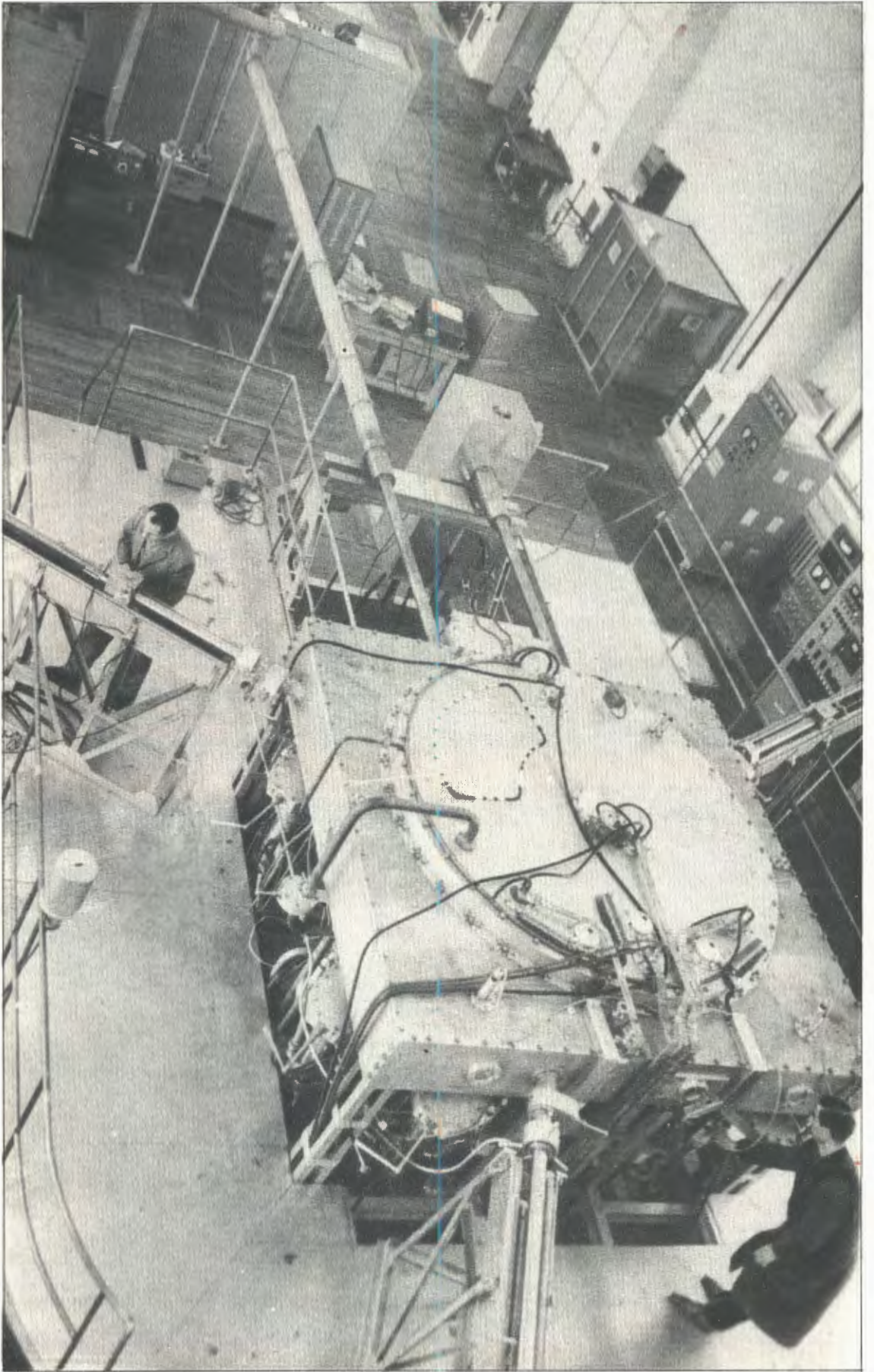
1. Проект сильноточного фазотрона на 700 Мэв. Выполнен большой комплекс теоретических и расчетных работ и разработано подробное физическое обоснование, доказывающее возможность создания на базе существующего синхроциклотрона сильноточного фазотрона на энергию протонов 700 Мэв и ток 50 микроампер. Предложение лаборатории было рассмотрено и одобрено комиссией экспертов стран-участниц и Ученым советом ОИЯИ.

На рис.92 приведена схема сильноточного фазотрона, его пучков, экспериментальных и измерительных павильонов, в таблице 1 даны параметры ускорителя. Интенсивность внутреннего пучка протонов сильноточного фазотрона ожидается в 25 раз большей, а пучков мезонов - в 20-200 раз большей, чем для действующего синхроциклотрона.

Лабораторией выдано задание на проектирование установки "Ф" в проектные организации и начаты работы по моделированию и макетированию отдельных систем ускорителя (магнитное поле и высокочастотная система).

2. Универсальная электронная модель сильноточного ускорителя с вариацией магнитного поля создается для моделирования и исследования характеристик жесткофокусирующих кольцевых протонных циклотронов на энергию около 1 Гэв и токи, в десятки тысяч раз превышающие токи в существующих ускорителях. Новый ускоритель такого типа был предложен в лаборатории в 1962 году. На электронной модели, которая представляет собой кольцевой ускоритель электронов с диаметром внешней орбиты 2 метра и током ускоряемых электронов до 1 ма, предполагается моделирование эффектов, связанных с пространственным зарядом в протонных циклотронах с интенсивностью в сотни миллиампер. Модель будет использована также для определения характеристик такого типа ускорителей

Рис.93. Электронная модель сильноточного кольцевого циклотрона, созданная в отделе новых ускорителей ЛЯП для исследования характеристик сильноточных ускорителей. ►



при ускорении многозарядных тяжелых ионов (вплоть до урана) в диапазоне энергий 7-11 Мэв на нуклон. Создан оригинальный сильноточный источник электронов, позволяющий осуществлять внешнюю инжекцию электронного пучка с током до 0,5 а. Завершено изготовление всех узлов модели, включая высокочастотный генератор, вакуумную камеру с обмотками возбуждения и коррекции поля, системы внешней и внутренней инжекции, системы электропитания, управления, стабилизации и измерений. В конце года осуществлен физический пуск электронной модели сильноточного ускорителя.

П а р а м е т р ы с и л ь н о т о ч н о г о ф а з о т р о н а н а 7 0 0 М э в

1. Энергия ускоренных протонов	700 Мэв
2. Интенсивность внутреннего пучка	50 мка
3. Конечный радиус ускорения	270 см
4. Напряженность среднего магнитного поля в центре	11900 э
5. Напряженность среднего магнитного поля на конечном радиусе	16276 э
6. Диапазон частоты ускоряющего напряжения	18,2+ 14,4 Мгц
7. Число спиралей	4
8. Максимальная глубина вариации магнитного поля	0,2 + 0,25
9. Частота свободных колебаний:	
а) вертикальных	0,1 + 0,2
б) радиальных	1 + 1,2
10. Число дуантов	1
11. Амплитуда ускоряющего напряжения	40 + 50 кв
12. Апертура дуантов	10 см
13. Зазор между дуантами и полюсами	7,5 см
14. Частота модуляции	250-300 гц
15. Способ вариации частоты	вращающийся конденсатор
16. Амплитуда напряжения на вариаторе	40-50 кв
17. Диаметр полюса электромагнита	600 см
18. Мощность питания магнита	1000 квт
19. Мощность потерь в ВЧ системе	200 квт
3. Показана возможность использования для ускорения многозарядных ионов кольцевого циклотрона с жесткой фокусировкой. Выполнены предварительные расчеты, доказывающие возможность ускорения в таком	

Рис.94. Ст. научный сотрудник А.А.Глазов и механик А.П.Агудин устанавливают "пушку" внутренней инъекции электронной модели сильноточного циклотрона в рабочее положение.

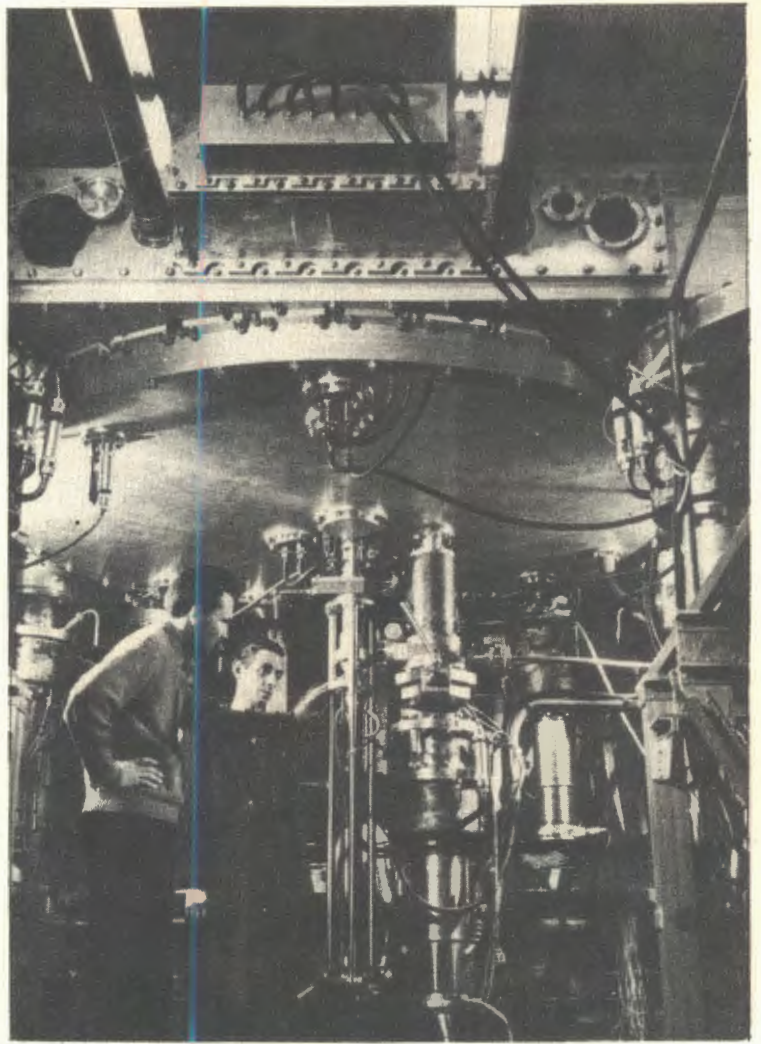
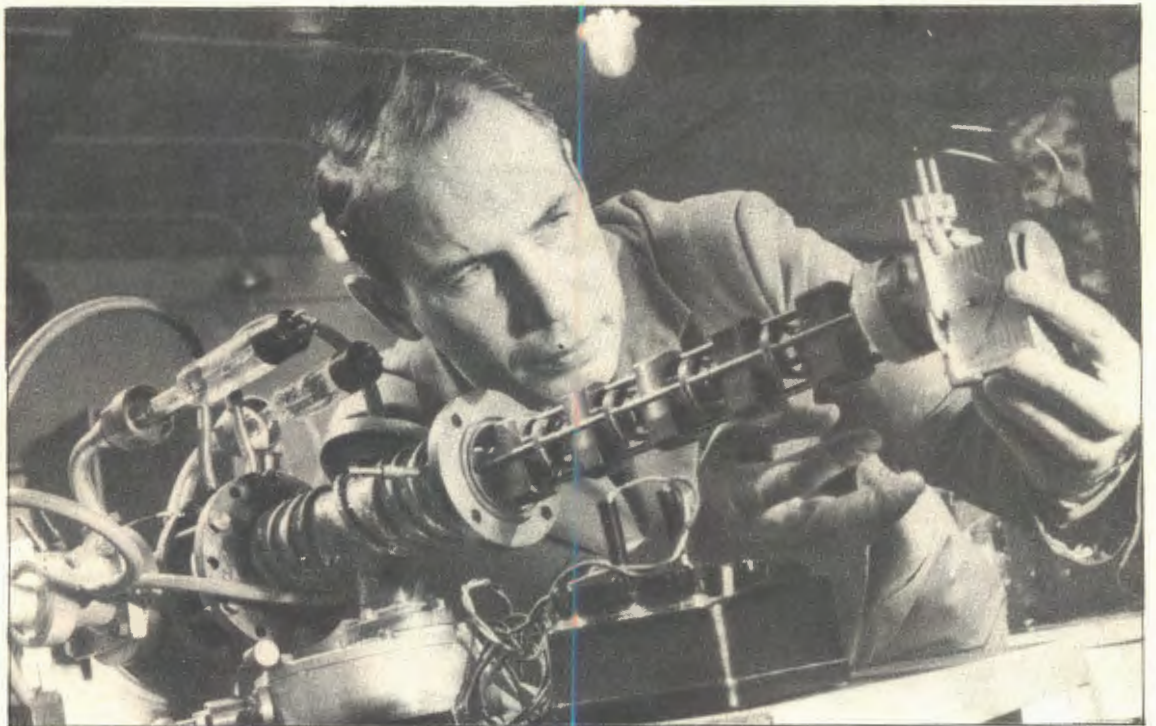


Рис. 95. Научный сотрудник Д.Л.Новиков за настройкой поворотного устройства внешнего инжектора электронной модели.



ускорителе ионов вплоть до ионов урана. Схема ускорителя дана на рис.96. Рассмотрено два варианта машины: первый имеет диаметр 10 м, второй, с двумя циклами ускорения, - 4 м.

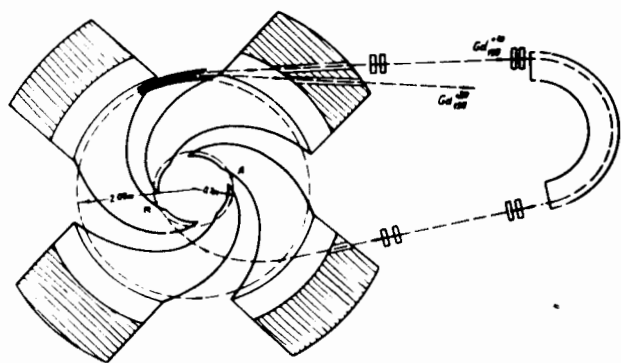


Рис.96. Схема кольцевого циклотрона, позволяющего ускорять ионы различных элементов вплоть до урана. А - ось инжекции от ускорителя Кокрофта-Уолтона, М - обменная мишень.

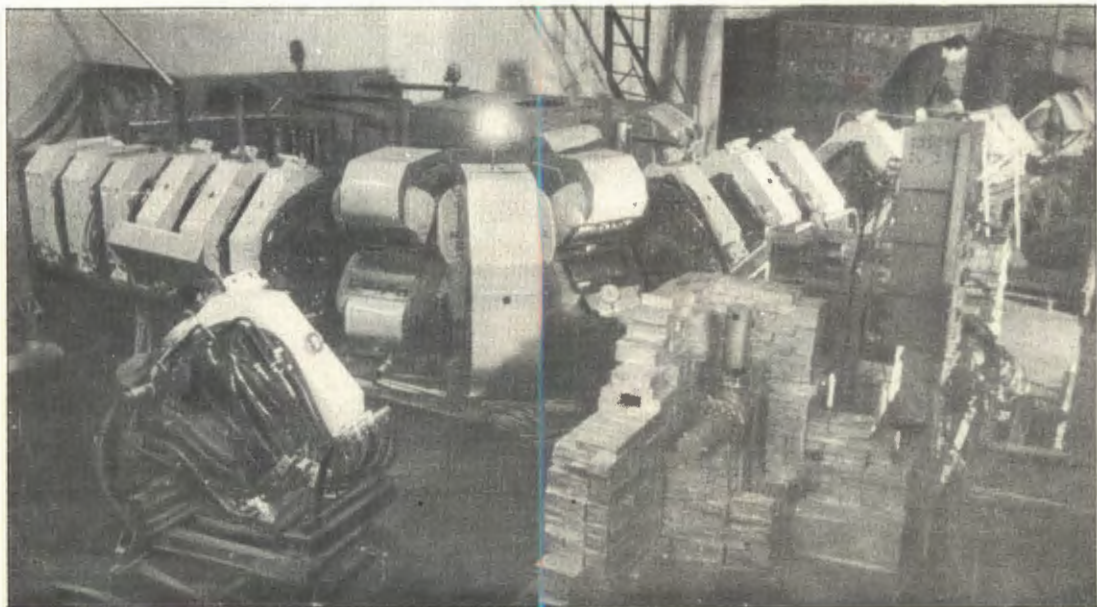
Работы по синхроциклотрону

1. Показатели работы синхроциклотрона в 1967 году.

Показатели	Часы	%
Запланированное время работы	6060	100
В том числе:		
1. Время работы на экспериментальные исследования по физике	5174	85
2. Время работы по повышению эффективности ускорителя	98	2
3. Затраты времени на подготовку к работе физической аппаратуры и на технологическую подготовку ускорителя	745	12,3
4. Эксплуатационные простои	43	0,7

Средняя интенсивность 2,3 мка ($1,4 \times 10^{13}$ р/сек)

2. Новые пучки частиц и усовершенствование синхроциклотрона. В 1967 году существенно расширены возможности использования синхроциклотрона. Созданы и введены в действие два новых канала пучков и две лаборатории для проведения исследований на этих пучках. Первый канал - жесткофокусирующий тракт для мезонов, выводящий пучок в низкофононую лабораторию, предназначенную для изучения редких ядерных процессов (рис.97); второй - протонный канал, с помощью которого протоны



▲
Рис.97. Общий вид мезонного канала с созданным в 1967 году трактом, вводящим мезоны в низкофонную лабораторию.

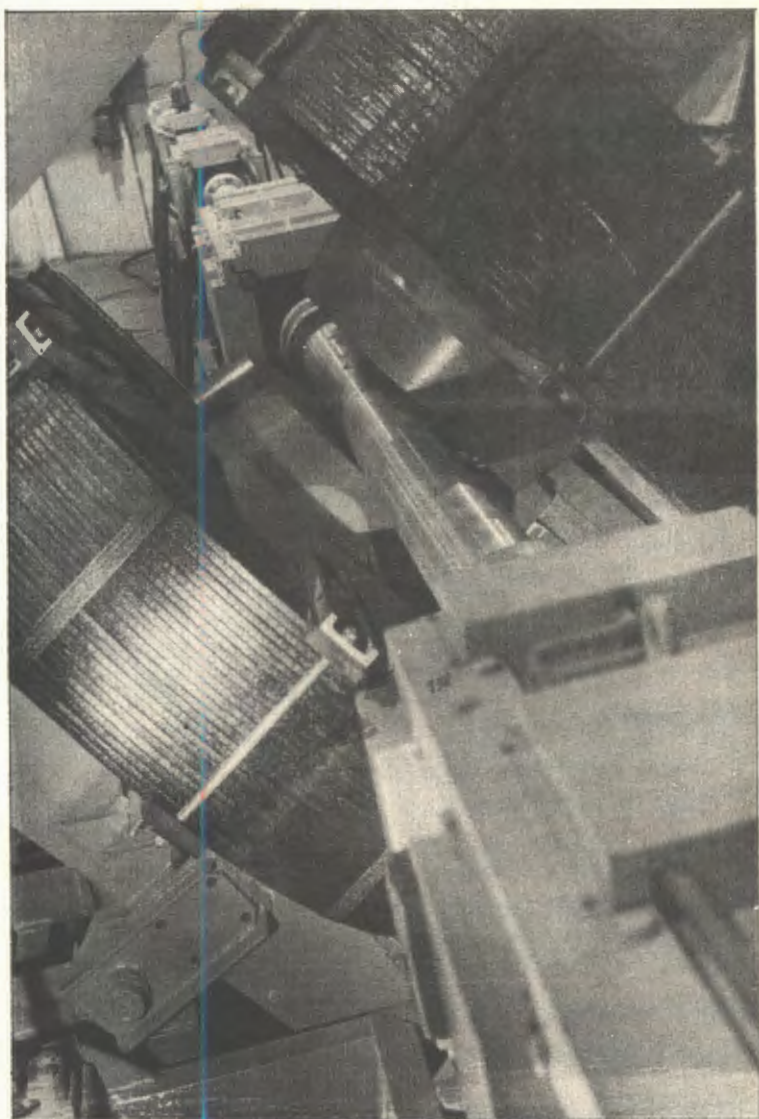


Рис.98. Протонный канал Лаборатории ядерных проблем, предназначенный для медико-биологических исследований. Энергия протонов может изменяться в диапазоне 90-200 Мэв. ►



Рис.99. Общий вид лаборатории для медико-биологических исследований. Сюда с помощью фокусирующего тракта вводятся протоны с энергией 90–180 Мэв.

с энергией 95–185 Мэв выводятся в лабораторию, специально оборудованную для медико-биологических онкологических исследований. На обоих трактах получены интенсивности пучков, вдвое превышающие расчетные.

На новых пучках начались исследования. На мезонном тракте работает установка для изучения захвата мюонов в водороде, на протонном – уже проведено несколько экспериментов.

Протонный тракт, созданный для онкологических исследований, успешно используется и при решении тонких задач ядерной физики. Он установлен так, что в него можно заводить не только протоны с энергией 80–200 Мэв, но и пионы любой энергии вплоть до максимальной. Длина канала, около 25 метров, позволяет использовать его, например, как спектрометр по времени пролета, что уже сделано в опытах по наблюдению упругого рассеяния назад протонов ядрами гелия.

Изготовлен, налажен и введен в действие комплекс устройств для дистанционного управления некоторыми системами и агрегатами ускорителя, обеспечивающий существенное снижение радиационной нагрузки эксплуатационного персонала: хорошо защищенный телескопический пробник для получения мишеней с активностью до 10 грамм-эквивалентов радия, холодильная установка с повышенной холодопроизводительностью для охлаждения диффузионных насосов и др.

Лаборатория ядерных реакций

Установка для экспрессного непрерывного химического разделения продуктов ядерных реакций на внешнем пучке ускорителя У-300

Окончена наладка новой радиохимической аппаратуры, в которой применяется фронтальная газосорбционная хроматография. С ее помощью проведены методические эксперименты по разделению продуктов ядерных реакций. Установка используется для дальнейшего изучения химических свойств 104-го элемента и других короткоживущих изотопов с периодом полураспада $\approx 0,01$ сек. Основной ее частью является колонка длиной 100 см и диаметром 0,2 см. Линейная скорость подвижной фазы равна 50 метров в секунду. Концентрация носителей и химических агентов в газовом потоке задается с помощью дозировки раствора (например, $\text{NbCl}_5 + \text{ZrCl}_4$ в SOCl_2), непрерывно впрыскиваемого в установку.

Быстродействующий масс-сепаратор ядер отдачи (БЭМС)

В лаборатории спроектирован и изготовлен газонаполненный БЭМС для быстрого выделения (за 10^{-6} сек) радиоактивных продуктов ядерных

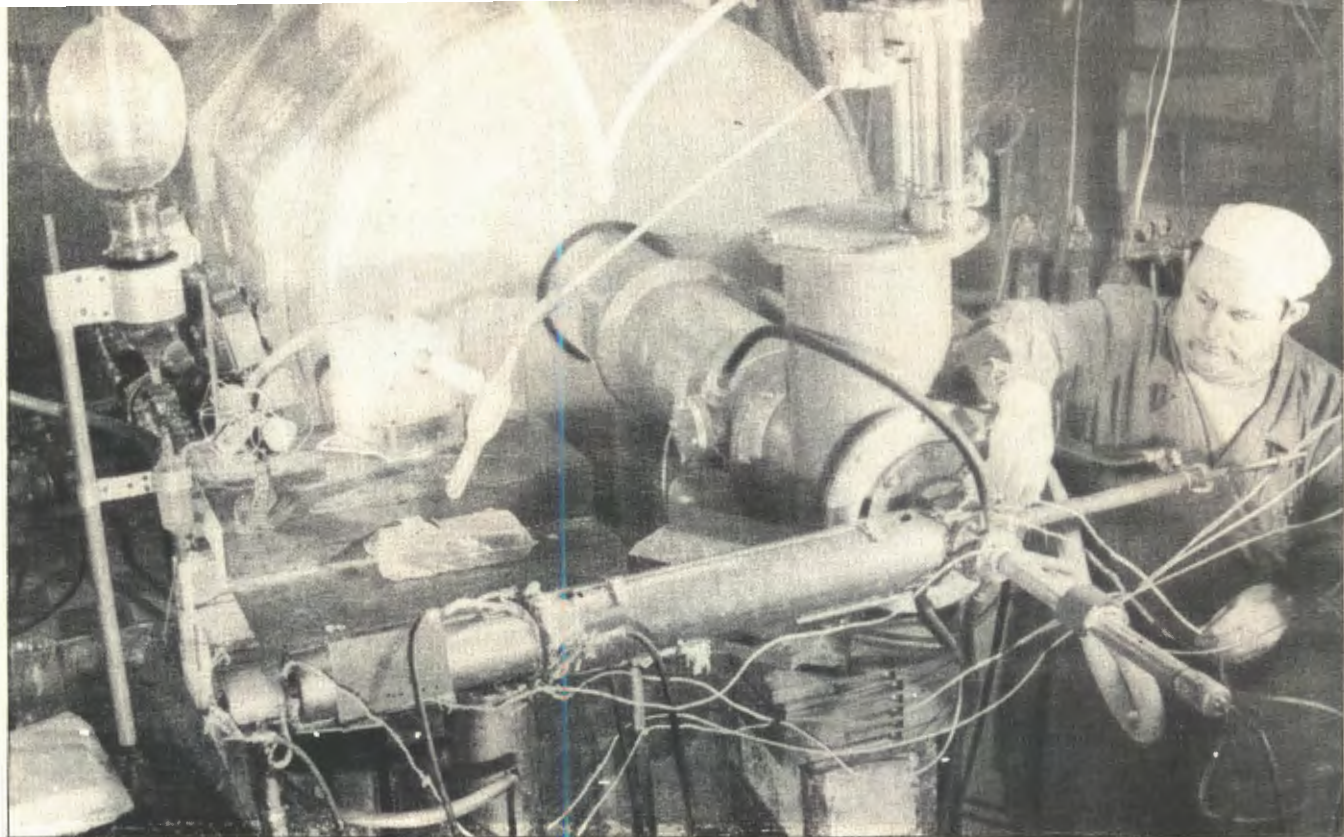


Рис.100. Установка для химических опытов с новыми элементами на выведенном пучке циклотрона У-300. На установке проводились исследования свойств хлоридов элементов 102, 103 и 104.

реакций. Прибор рассчитан на угол отклонения 60° , имеет двойную фокусировку. Криволинейная граница полюсных наконечников обеспечивает работу в диапазоне входных углов $\alpha = \pm 6^\circ$ при незначительных горизонтальных абберациях. К настоящему времени проведена проверка магнитной системы с помощью источника альфа-частиц, ведется наладка прибора на пучке.

Стенд ионных источников

Завершена работа на стенде ионных источников по получению многозарядных ионов тяжелых элементов: Ge, Kг, Хе, W. На стенде получены: Ge 8-зарядный, Kг 10-зарядный, W 12-зарядный. Токи этих ионов превышают примерно в 10-20 раз токи таких же ионов, полученных с помощью источников, которые применяются на линейных ускорителях в США (рис.102).

Разработан газоразрядный ионный источник для быстродействующего масс-сепаратора изотопов на линии с ускорителем. Этот источник использовался для быстрой электромагнитной сепарации изотопов астатина, франция и актиния с периодами полураспада 0,15 сек и более.

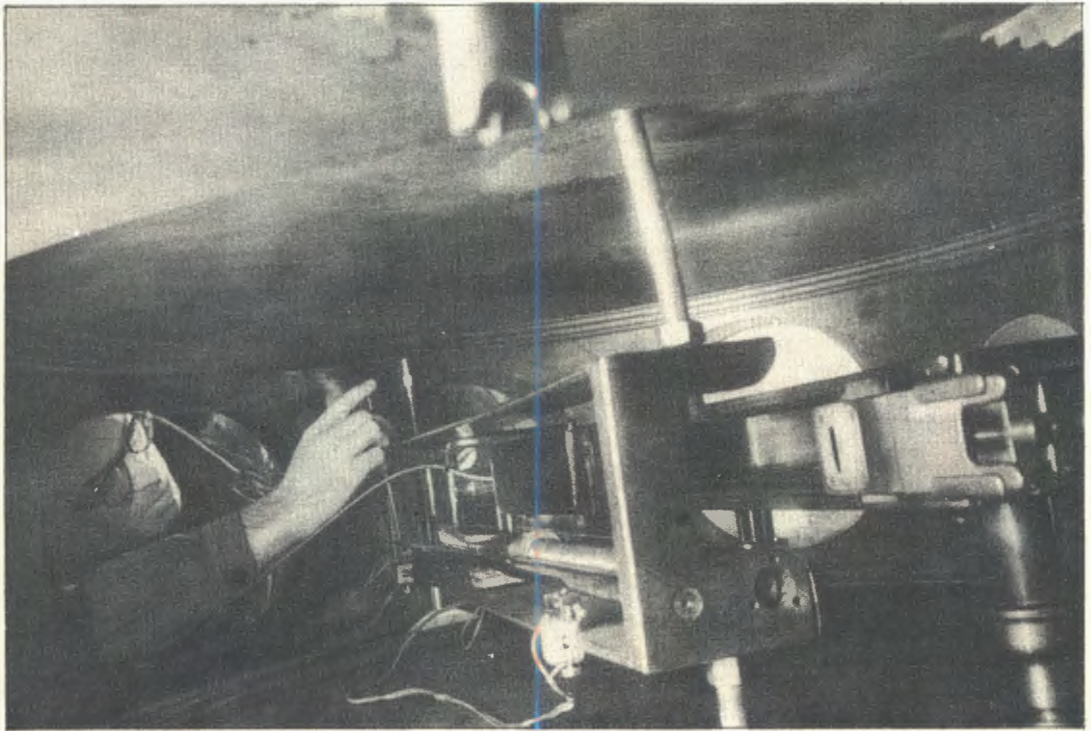


Рис.101. Стенд ионных источников. Его реконструкция позволила расширить диапазон исследуемых ионов и улучшить разрешающую способность установки.

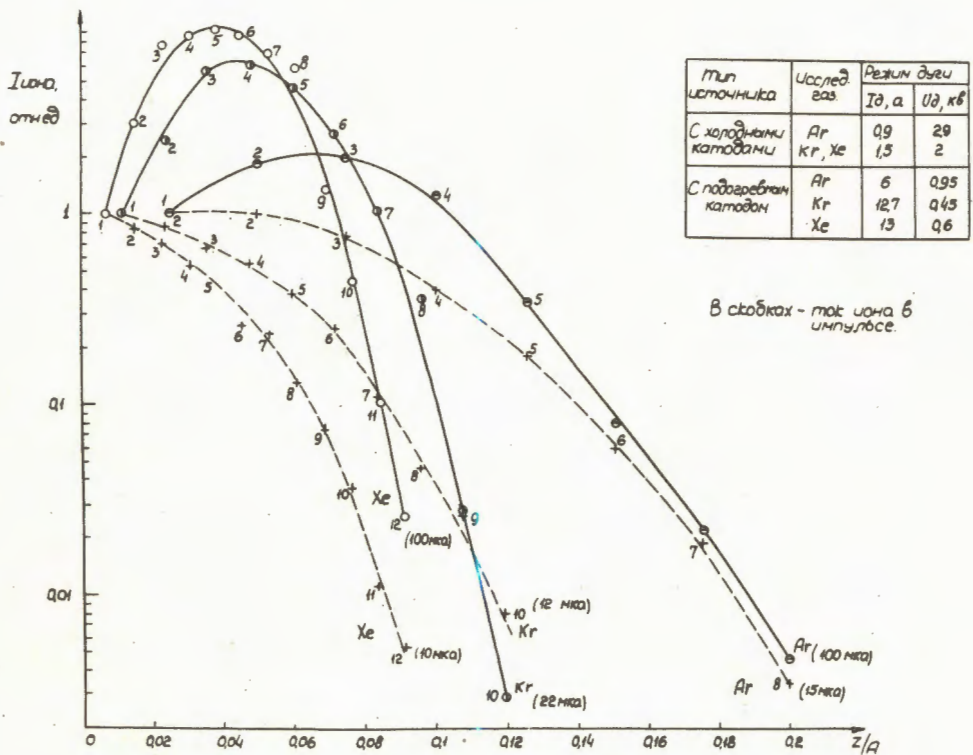


Рис.102. Зависимость величины тока источника для Ar, Kr, Xe от величины Z/A ионов.

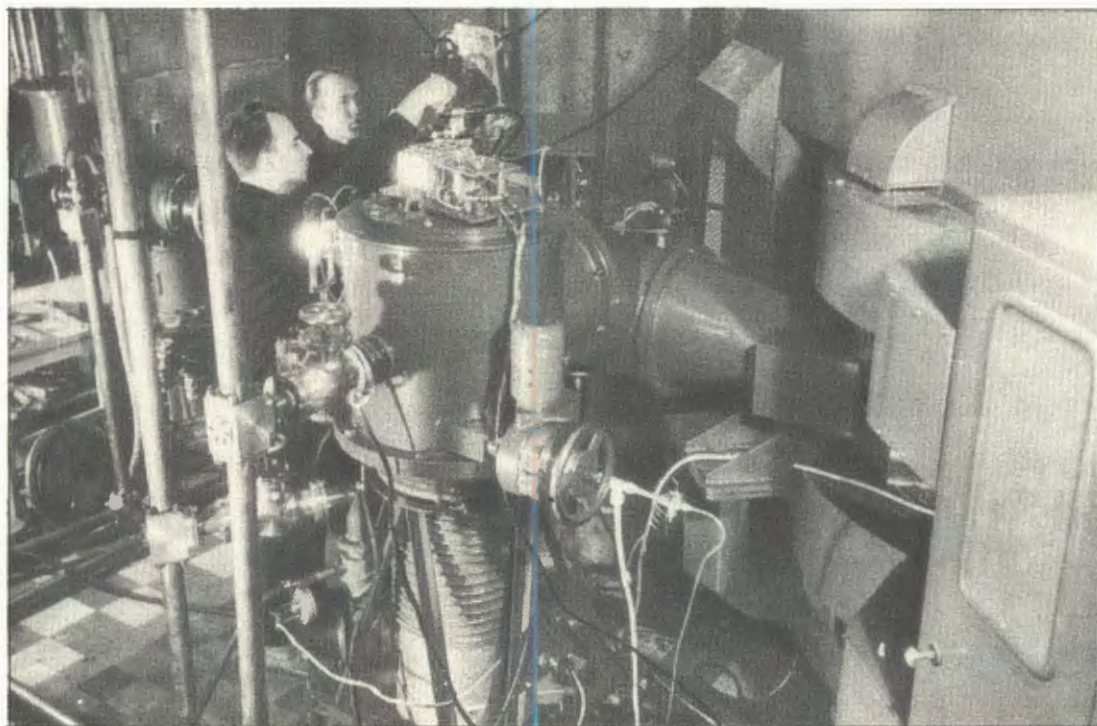


Рис.103. Электромагнитный масс-сепаратор изотопов, работающий на линии с циклотроном У-300. На снимке: руководитель группы Н.И.Тарантин и ст. инженер А.В.Демьянов готовят установку к эксперименту.

Разработка электронной аппаратуры

В области разработок электронной аппаратуры основное внимание уделялось вопросам автоматизации физических экспериментов.

1. В измерительном центре лаборатории разработан централизованный вывод экспериментальных данных со стоек анализаторов АИ-4096 через центральный пульт управления на цифропечатающее устройство и на большой телевизионный экран. Создана программа для ассоциативного режима анализа на измерительном комплексе "Тензор-III" с использованием внешней памяти на 2048 18-разрядных слов, что обеспечит проведение экспериментов с числом каналов до 10^6 .
2. Разработана регистрирующая аппаратура для опытов по синтезу трансурановых элементов с регистрацией спектра α -частиц от четырех поверхностно-барьерных кремниевых детекторов и системой стабилизации. Число амплитудных каналов - 1000, число временных каналов от 4 до 64 с шириной каналов от 20 мсек до 10 сек. Обеспечивается реверсивный режим с узким дифференциальным окном по энергии.

3. Разработана спектрометрическая аппаратура для регистрации рентгеновских лучей на Si(Li) -детекторе.

4. Освоена технология изготовления Si(Li) -детекторов с высокой разрешающей способностью, с толщиной чувствительного слоя до 3 мм. Наилучшее разрешение для конверсионных электронов ^{137}Cs составляет 2,6 кэВ, а для рентгеновского излучения ^{241}Am ($E_\gamma = 14$ кэВ) $\approx 0,92$ кэВ (рис.104).

В 1967 году изготовлено около 150 поверхностно-барьерных детекторов и около 30 p-i-n детекторов, что обеспечило потребности физических групп лаборатории. Часть детекторов передана в различные лаборатории стран-участниц, а также в лаборатории ОИЯИ.

Работа и усовершенствование ускорителей тяжелых ионов

В лаборатории два ускорителя тяжелых ионов: У-300 и У-150. Вся работа в 1967 году велась на ускорителе У-300, время работы которого на физические исследования составило 6900 часов.

Производилась реконструкция ускорителя У-150 в У-200. Ускоритель У-200 является циклотроном с пространственной вариацией магнитного поля, предназначенным для ускорения тяжелых частиц, у которых величина отношения $m/e \geq 2,8$.

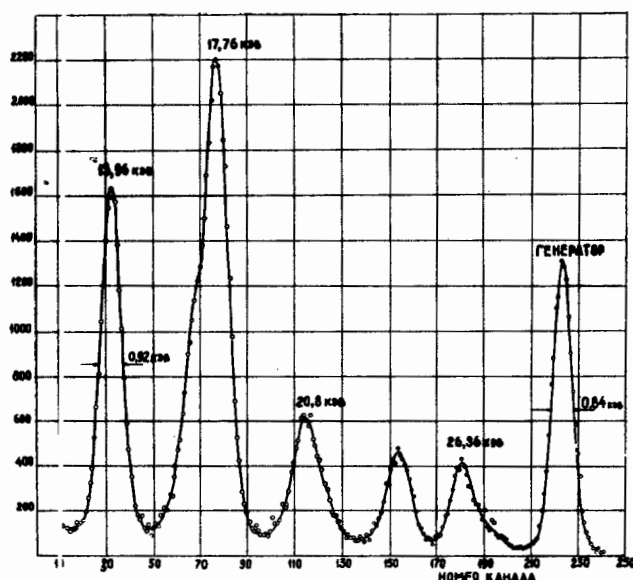


Рис.104. Энергетическое разрешение Si(Li) - детекторов для рентгеновского излучения ^{241}Am ($E_\gamma = 14$ кэВ).

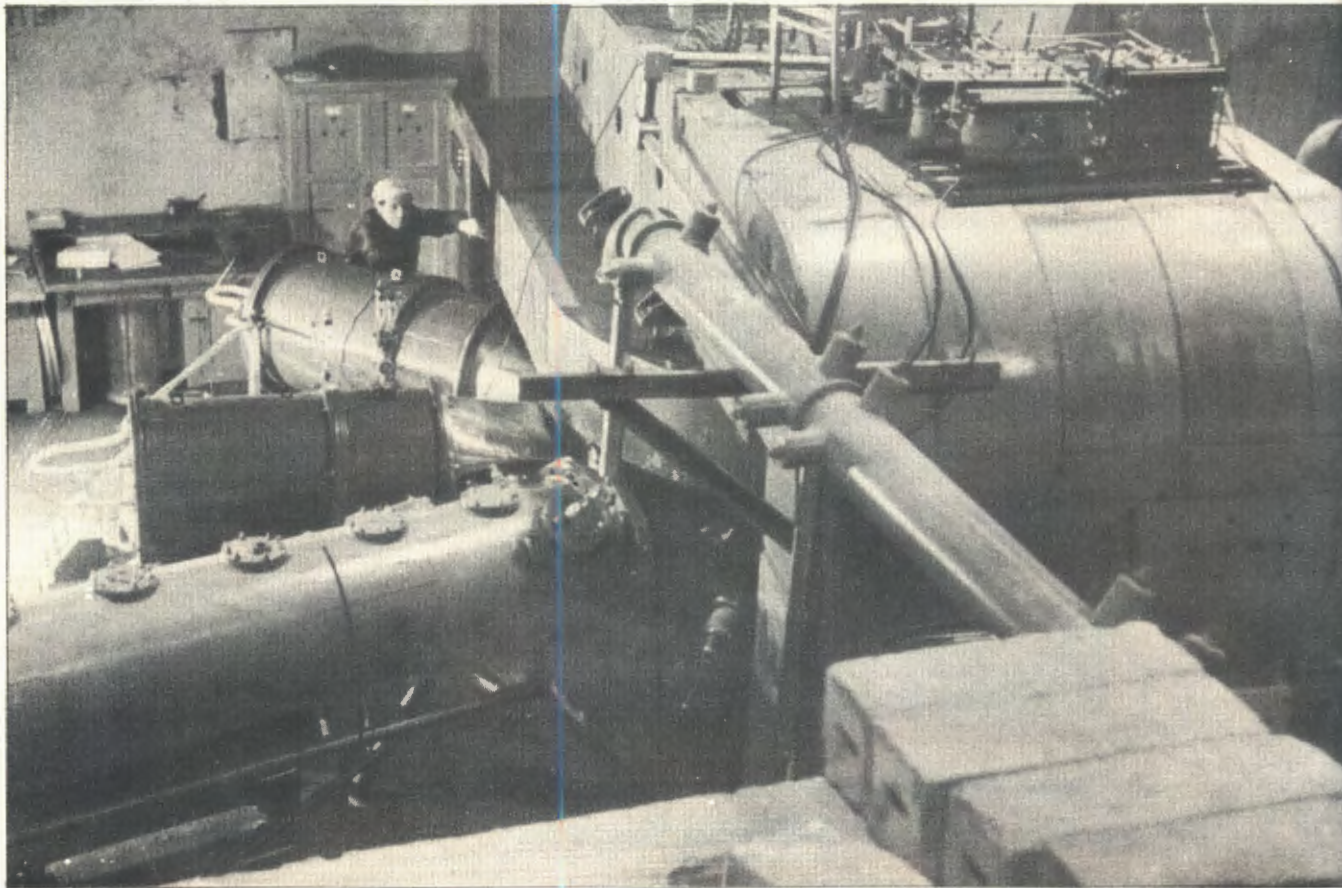


Рис.105. Закончена реконструкция циклотрона У-150 в циклотрон с пространственной вариацией магнитного поля У-200. Он предназначен для ускорения до энергий 20 Мэв на нуклон тяжелых ионов от $^{+3}\text{B}_{10}$ до $^{+8}\text{Ar}_{40}$.

Основные параметры У-200 (проектные)

Диаметр полюсов	- 200 см
Средняя индукция магнитного поля	- 20 кгаусс
Пределы изменения поля по азимуту	- от 16 до 26 кгаусс
Число секторов	- 4
Число дуантов	- 2

Энергия частиц на конечном радиусе для $\frac{m}{e} = 2,8$ составляет 20 Мэв/нукл. Циклотрон предназначен для ускорения ионов $^{+3}\text{B}_{10,11}$, $^{+4}\text{C}_{12,13}$, $^{+5}\text{N}_{14,15}$, $^{+5}\text{O}_{16,18}$, $^{+5,+6}\text{Ne}_{20,22}$, $^{+7,+8}\text{Ar}_{40}$ при фиксированном значении магнитного поля циклотрона в зазоре электромагнита. Ускоритель У-200 получен путем реконструкции 150-сантиметрового циклотрона. Увеличение диаметра и повышение средней индукции до 20 кгаусс повышает энергию от 6,5 до 20 Мэв/нуклон и существенно расширяет диапазон ускоряемых частиц.

К концу года были закончены все механические и конструктивные испытания У-200, получено необходимое пространственное распределение магнитного поля, рабочий вакуум в ускорительной камере, произведена настройка ВЧ систем в необходимом диапазоне частот и начата комплексная наладка установки. По всем основным параметрам достигнуты проектные характеристики.

На основе данных, полученных на установке У-200, будет проводиться реконструкция 300-сантиметрового циклотрона в ускоритель с диаметром полюсов 400 см.

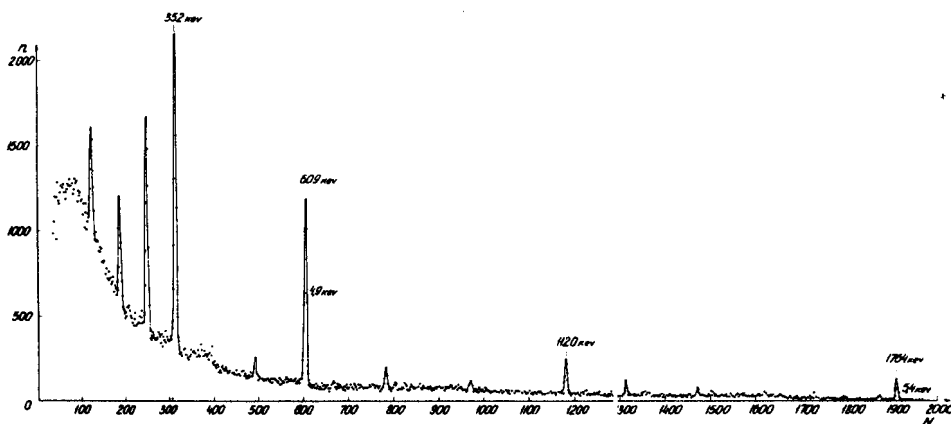
Лаборатория нейтронной физики

Новая физическая аппаратура

1.1. **Ge(Li)**-детектор объемом 30 см^3 . Созданы два коаксиальных германиевых детектора с большим чувствительным объемом (30 см^3) и разрешением (без вычета шумов аппаратуры) 4,9; 5,8; 9,1 кэВ при энергиях 609, 1274, 7643 кэВ, соответственно. Характеризующие это разрешение амплитудные спектры γ -лучей от источника ^{226}Ra и при радиационном захвате на железе показаны на рис.106,107.

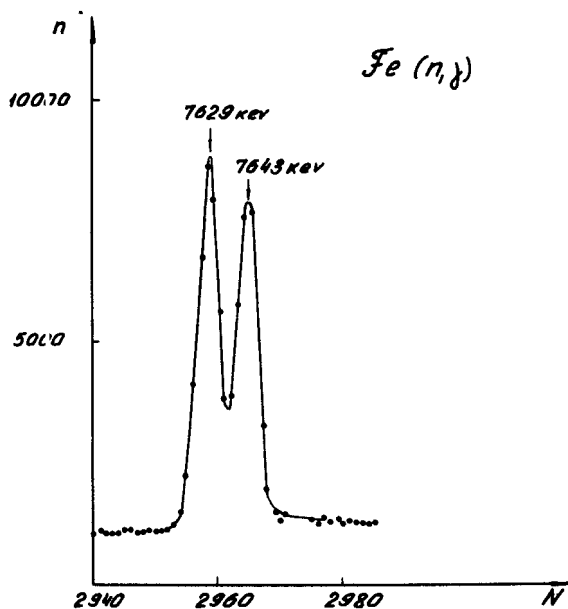
2. Искровой счетчик делений. Разработан и изготовлен многолитровой искровой счетчик коронного типа для регистрации осколков деления в присутствии интенсивного α -излучения. Чувствительный объем счетчика 15 см^3 , наполнение - смесь **He + Xe**, эффективность около 30% при эффективности к α -частицам $< 10^{-7}\%$, мертвое время ≈ 300 мксек. Счетчик допускает работу с ним в интенсивных нейтронных и гамма-потоках: в частности, не наблюдается изменения его параметров непосредственно в момент импульса реактора ИБР.

3. Наносекундный спектрометр быстрых нейтронов. Разработан спектрометр быстрых нейтронов по времени пролета в наносекундном диапа-



▲
Рис.106. Спектр γ -лучей ^{226}Ra , полученный на 30 см^3 германевом детекторе. По оси абсцисс отложен номер накала анализатора.

Рис.107. Спектр γ -лучей из реакции $\text{Fe}(n, \gamma)$, измеренный с помощью 30 см^3 германевого детектора. ►



зоне. Начальный момент времени в спектрометре задается регистрацией сопутствующих вылету нейтронов излучений при помощи сцинтилляционного или полупроводникового детекторов. Для нейтронов из реакции $^{12}\text{C}(T, n\gamma)^{14}\text{N}$ (пролетная база 50 см) получено разрешение 1.10^{-9} сек; для регистрации $T(d, n)^4\text{He}$ (пролетная база 32 см), когда одновременно спектрометрировались и заряженные частицы (режим многомерного анализа), разрешение составляет также 1.10^{-9} сек.

В спектрометре используются разработанные в ЛНФ схемы транзисторной электроники: преобразователь времени в амплитуду с разрешением 8.10^{-12} сек, широкополосный усилитель с временем нарастания $\approx 5.10^{-9}$ сек и коэффициентом усиления 1000, зарядочувствительный усилитель, высокостабильный спектрометрический усилитель и другие. В спектрометре впервые применены предложенные в лаборатории нелинейные методы компенсации



Рис.108. Спектрометр быстрых нейтронов по времени пролета с высоким разрешением. Использование полупроводникового детектора в спектрометре дало возможность одновременного спектрометрирования нейтронов и сопровождающих частиц. На снимке: научный сотрудник М.Дражев и мл. научный сотрудник С.С.Паржицкий готовят аппаратуру к эксперименту.

амплитудной зависимости, позволяющие улучшить линейность и получить высокое временное разрешение в широком динамическом диапазоне (рис.109).

На рис.110 и 111 показаны спектр α - частиц и спектр нейтронов из реакций $D(T, n) {}^4\text{He}$ и $T(D, {}^4\text{He})n$, полученные на новом спектрометре.

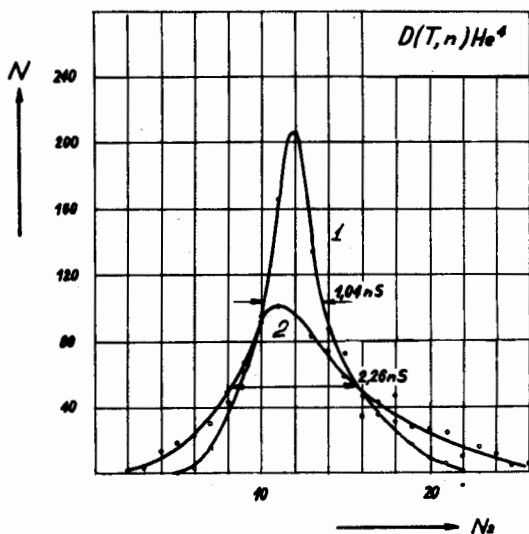


Рис.109. Эффект введения компенсации амплитудной зависимости в наносекундном спектрометре по времени пролета. Кривая 1 - спектр нейтронов из реакции $D(T,n)^4He$, полученный с помощью полупроводникового детектора без компенсации. Кривая 2 - то же самое, но с введением компенсации амплитудной зависимости нелинейного типа.

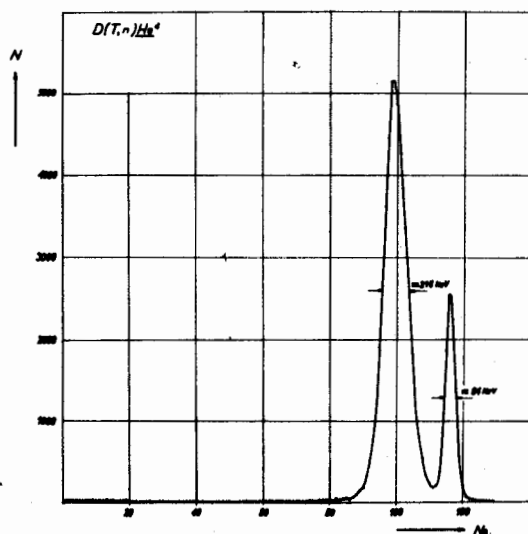


Рис.110. Спектр α -частиц из реакции $D(T,n)^4He$, полученный на новом спектрометре. Сопровождающий пик справа соответствует протонам из реакции $D(d,p)T$.

Измерительный центр

Измерительный центр ЛНФ, в состав которого входили четыре анализатора с числом каналов 4096, три - с числом каналов 2048 и многомерный анализатор с памятью на магнитной ленте, полностью обеспечивал потребности экспериментов, проводившихся на пучках реактора и ускорителя ЭГ-5.

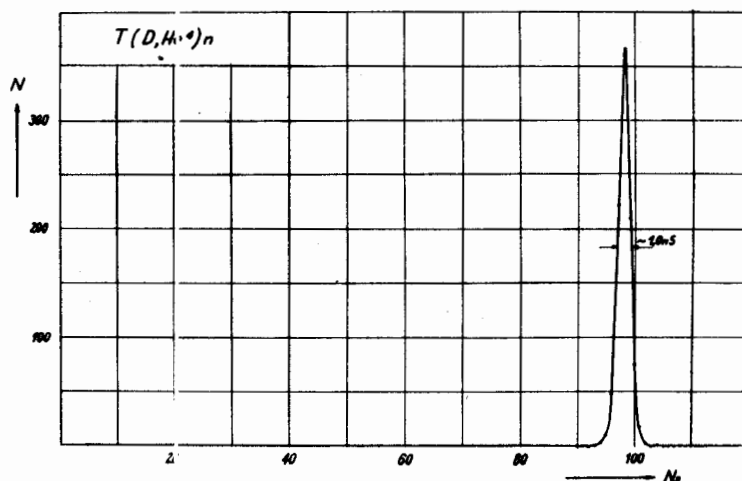


Рис.111. Спектр нейтронов из реакции $T(D,n)^4He$, полученный на новом спектрометре.

Продолжались работы по совершенствованию аппаратуры центра. Опробован на спектрометрических работах и сдан в эксплуатацию второй тракт многомерного анализатора. В многомерных регистраторах установлены созданные в лаборатории транзистированные амплитудно-цифровые преобразователи на 4096 каналов с системой стабилизации порога и масштаба шкалы. Велись работы в направлении непосредственного использования вычислительной машины для обработки многомерной информации, записанной на магнитной ленте. Сдано в эксплуатацию устройство двухсторонней связи измерительного центра с ЭВМ "Минск-22".

Разработана и изготовлена многотрактовая регистрирующая система для многоканального анализа (рис.112), которая дает возможность одновременной регистрации информации от 6 экспериментов. В состав ее входят аналого-цифровые преобразователи информации АЦП, устройства промежуточной памяти УПП, арифметическое АУ и распределительное устройство, управляющее устройство УУ и оперативная память МОЗУ от вычислительной машины "Минск-2". Система находилась в опытной эксплуатации, показана возможность и целесообразность объединения ее с вычислительной машиной в единый комплекс.

В процессе эксплуатации осциллографа со световым карандашом совместно с машиной "Минск-2" совершенствовались методы использования этого устройства, что позволило значительно упростить обработку спектров.

Проводилась систематическая работа по созданию полупроводниковой электронной аппаратуры предварительного отбора информации (детекторная аппаратура) и по обеспечению ею физических групп. В комплексы созданной аппаратуры входят усилители, дифференциальные и интегральные дискриминаторы, схемы совпадений, сумматоры, схемы пропускания, эмиттерные повторители, выходные формирователи.

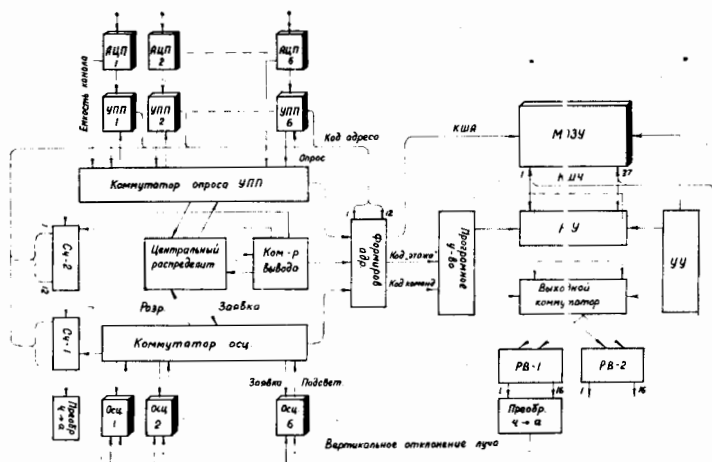


Рис.112. Блок-схема много-трактовой регистрирующей системы для многоканального анализа. Обозначения - в тексте.

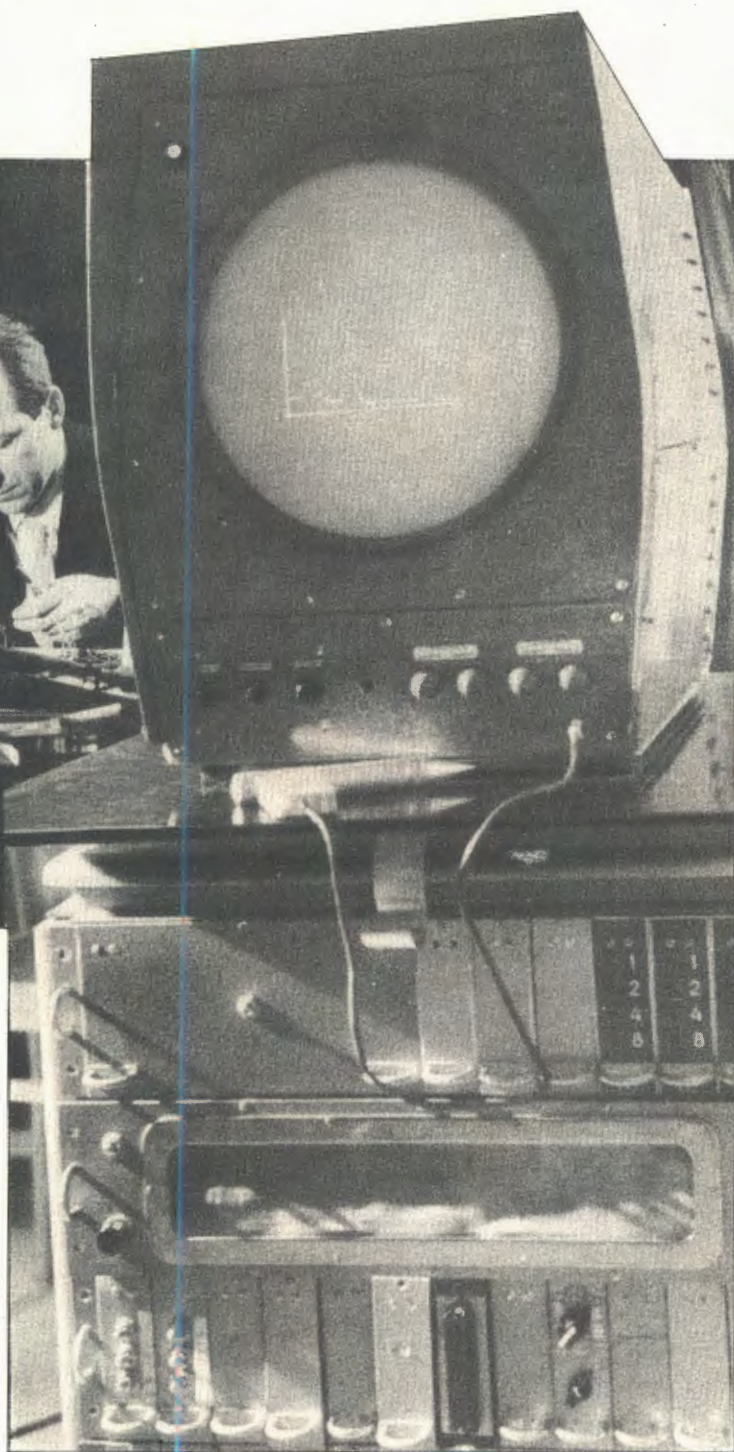


Рис.113. Осциллограф со световым карандашом, работающий совместно с ЭВМ, используется для ускоренной обработки экспериментальной информации. На снимке: ст.инженеры Й.Томик и В.Р.Трубников.

Работа основных установок

Реактор. Общее время работы установки ИБР в 1967 году составило 4600 часов. Состояние реактора и его систем удовлетворительное. Очередной профилактический ремонт реактора проводился в августе-сентябре 1967 года. С пуском реактора введен режим работы на частоте 2 имп/сек, эк-

спериментально опробована работа ИБР в режиме редких мощных групп импульсов (общей энергией 10^{15} делений с периодом следования групп 10 сек) при средней мощности 3 квт, опробована новая пусковая аппаратура реактора.

Велась подготовка к реконструкции установки ИБР в 1968 году, целью которой будет повышение средней мощности реактора до 30 квт.

Микротрон. Время работы ускорителя в системе ИБР + микротрон составило 1350 часов при средней мощности реактора 1 квт. Проводились исследования по физике микротрона, показана возможность таких режимов работы ускорителя, когда СВЧ-мощность для ускорения электронного пучка во много раз превосходит мощность омических потерь в стенках резонатора, КПД которого при этом достигает 85%. В настоящее время система вывода (рис.114), фокусировки и нацеливания пучка доводит все электроны с последней орбиты на мишень в центре реактора.

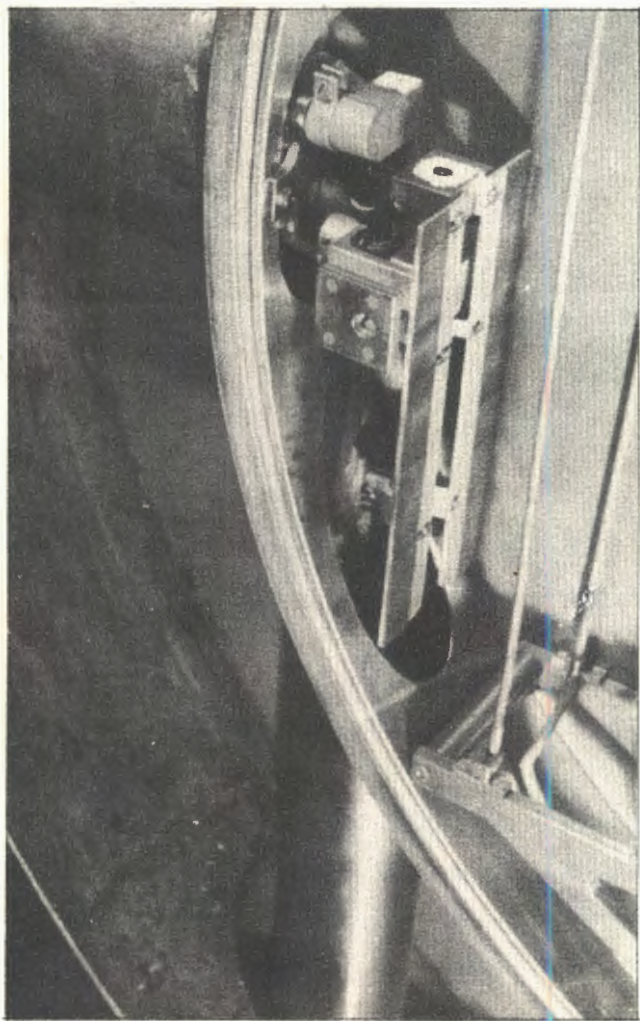


Рис.114. Магнитный канал микротрона, обеспечивающий 100%-ную активность вывода электронного пучка.



Рис.115. Отделом ИБР-2 лаборатории ведется проектирование нового реактора. На снимке: сотрудники отдела (слева направо) руководитель группы Е.П.Шабалин, научный сотрудник А.Навроцки, руководитель группы В.М.Назаров, начальник отдела Ю.С.Язвицкий, инженер Б.И.Куприн, гли инженер проекта В.Д.Ананьев.

Электростатический ускоритель ЭГ-5. В течение года ускоритель проработал 2000 часов (из них 1600 часов - на эксперимент) в интервале энергий от 1,4 до 3,8 Мэв, давая ускоренные пучки гелия-3, дейтерия и водорода. Велись работы по повышению энергии ионов, увеличению интенсивности пучка и обеспечению надежности работы отдельных элементов и узлов ускорителя.

Реактор ИБР-2. В связи с решением XXI сессии Ученого совета ОИЯИ и V сессии Ученого совета по физике низких энергий о проектировании импульсного реактора ИБР-2 в лаборатории создан новый отдел. Этим отделом разработан эскизный проект реактора, теоретическое обоснование ускорителя-инжектора для ИБР и технико-экономическая оценка комплекса ИБР-2. Начато техническое проектирование реакторной части, проводятся научно-исследовательские работы по эскизному проекту ускорителя-инжектора ЛИУ-30.

**Лаборатория
вычислительной техники
и автоматизации**

Разработка и создание сканирующих устройств и вспомогательной аппаратуры для обработки filmовой информации

1. Автомат с механическим сканированием (АМС-НР D) является высокоскоростным прецизионным прибором для обмера фотографий с пузырьковых камер. Он предназначен для работы в режиме непосредственной связи с электронно-вычислительной машиной. Оптико-механическая часть прибора закуплена у фирмы "Соженик" (Англия), электронные узлы разработаны в ЛВТА. Предварительная обработка фотографий для этого прибора ведется на просмотрных столах, данные с которых используются ЭВМ для управления работой сканирующего автомата. Сканирование ведется световым пятном диаметром 10-15 мкм, перемещение которого по кадру осуществляется механически. С помощью фотоумножителя и электронных схем снимается информация, имеющаяся на кадре, затем эти данные поступают в ЭВМ, где ведется их дальнейшая обработка.

Автомат может сканировать кадр шириной 50 мм и длиной до 240 мм за 15-20 сек. Скорость получения окончательного результата измерения



Рис.116. Введена в действие оптико-механическая часть автомата с механическим сканированием и изготовлена большая часть блоков электронных устройств для него. Автомат предназначен для высокоскоростной обработки фотографий с пузырьковых камер при работе в режиме непосредственной связи с электронной вычислительной машиной. На снимке (слева направо): механик А.С.Буров, начальник отдела автоматизации Ю.А.Каржавин, ст.инженер В.В.Ермолаев.

зависит от возможностей ЭВМ и в нашем случае составит 1-2 мин, что соответствует годовой производительности сканирующего автомата 180-300 тысяч событий в год.

В 1967 году введена в действие оптико-механическая часть АМС и завершено изготовление большей части блоков электронных устройств. Параллельно с этим велись работы по созданию системы программ для АМС.

2. Сканирующий автомат на электронно-лучевой трубке. Завершены работы по созданию сканирующего автомата с электронно-лучевой трубкой (АЭС), предназначенного для просмотра и измерения треков на снимках с искровых камер.

На рис.118 приведена оптическая схема созданного автомата. Сканирование снимка осуществляется методом бегущего луча с использованием электронно-лучевой трубки. Размер сканируемого снимка $18 \times 24 \text{ мм}^2$ (пленка шириной 35 мм), диаметр сканирующего пятна 30 мкм. Точность отсчета координат 20-30 мкм. Автомат работает на линии с ЭВМ БЭСМ-3М.

Время полного сканирования одного снимка - от 1,5 до 12 сек. Производительность автомата при трехсменной работе составит около 3 миллионов снимков в год.

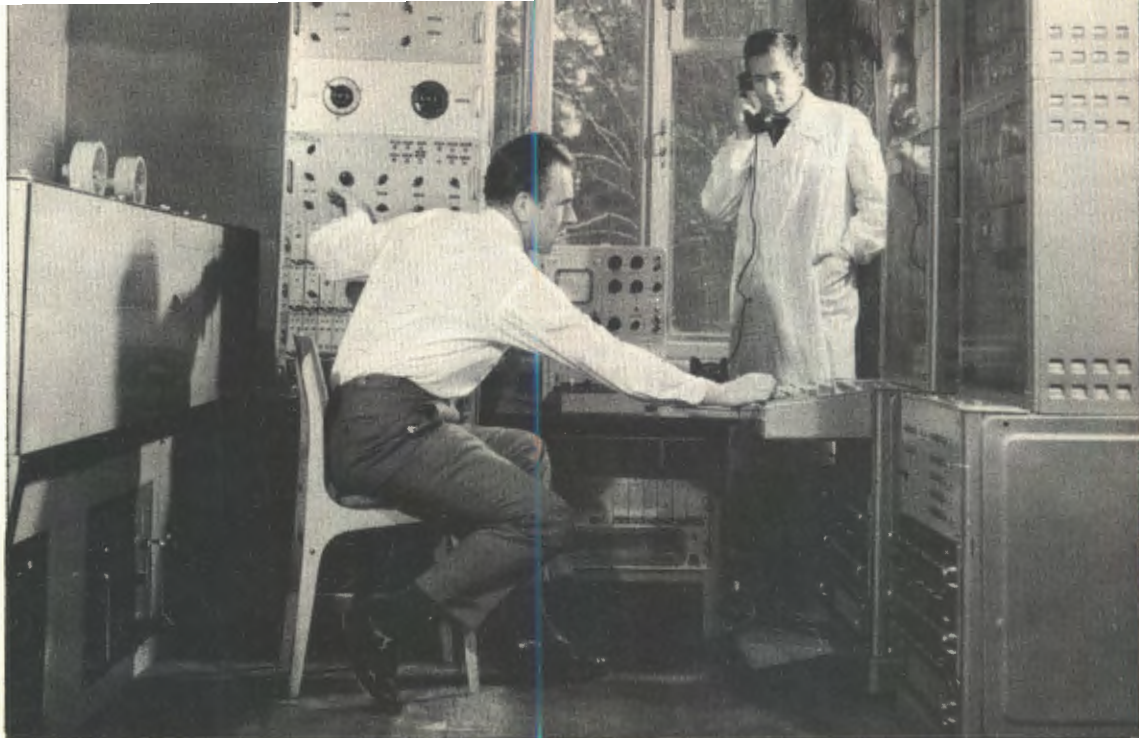


Рис.117. Завершены работы по созданию сканирующего автомата на электронно-лучевой трубке, предназначенного для просмотра и измерения треков на снимках с искровых камер. На снимке: наладку автомата ведут инженер В.Д.Шугуров и руководитель группы В.Н.Шкунденков.

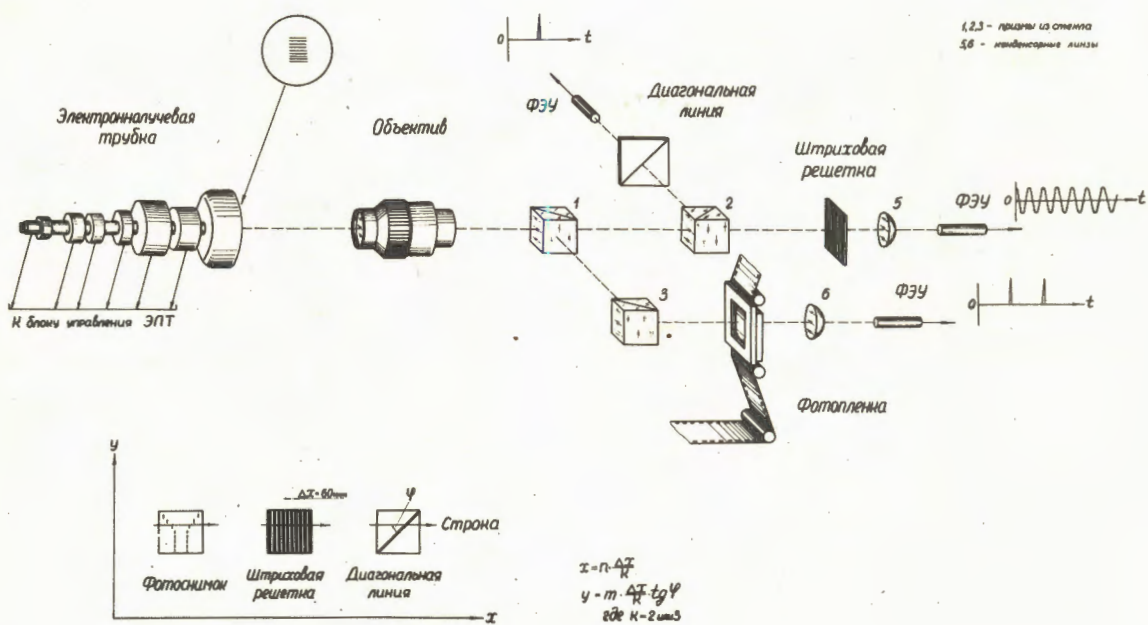


Рис.118. Оптическая схема сканирующего автомата на электронно-лучевой трубке.

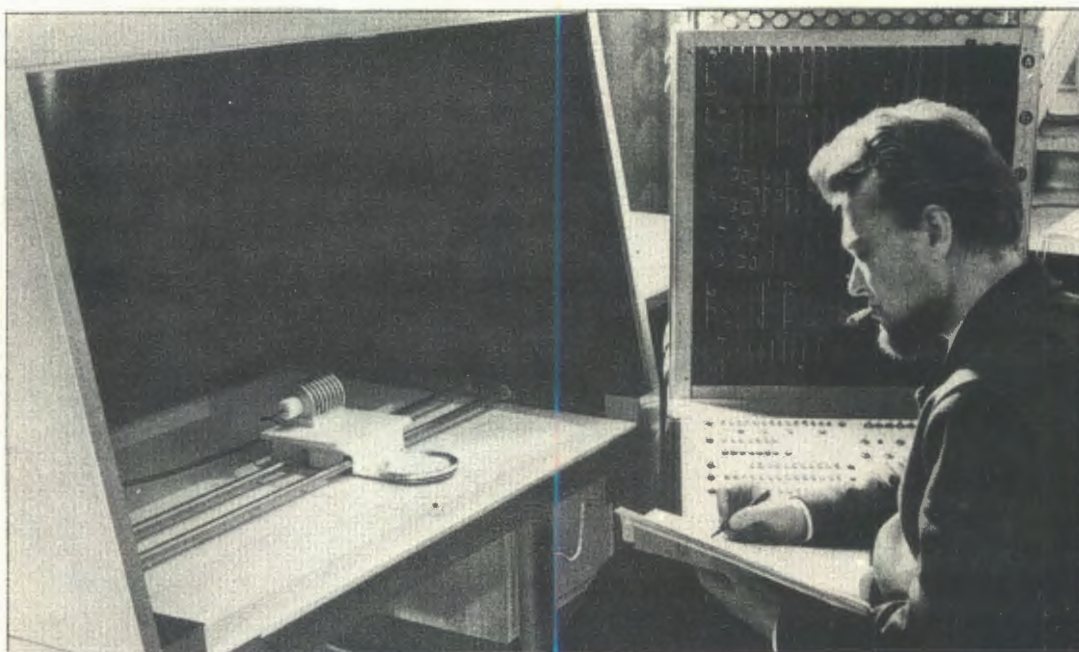


Рис.119. Просмотрово-измерительный проектор для обработки снимков с искровых камер. Измерения ведутся в прямоугольной и биполярной системах координат. На снимке: ст.инженер И.И.Скрыль.

3. Системы непосредственной связи полуавтоматов ПУОС и просмотрово-измерительных столов с ЭВМ. Разрабатывается система связи, рассчитанная на подключение 15 объектов (полуавтоматов и просмотрово-измерительных столов) и 15 электроуправляемых печатающих машинок к БЭСМ-4. В качестве электронных элементов системы использованы ячейки БЭСМ-4, стандартные стойки и блоки питания, изготовленные в ЦЭМе ОИЯИ.

Завершающее испытание проходит аналогичная система, рассчитанная на подключение 10 полуавтоматов к вычислительной машине БЭСМ-3М.

В 1967 году проводились работы по созданию математического обеспечения системы, состоящей из пяти измерительных полуавтоматов, работающих на линии с БЭСМ-3М. В данной системе координаты, получаемые при измерении filmовой информации на полуавтомате, поступают в ЭВМ в процессе измерения, минуя промежуточный носитель (перфоленту).

4. Просмотрово-измерительный проектор для обработки снимков с искровых камер и осциллограмм, разработанный в лаборатории, рассчитан на обработку снимков размером 18×24 мм. Увеличение снимков в плоскости экрана 20 крат, цена отсчета в прямоугольной системе координат 0,1 мм, цена углового отсчета 10 минут. Среднеквадратичная ошибка измерения порядка 0,5 мм на площади 400×750 мм.

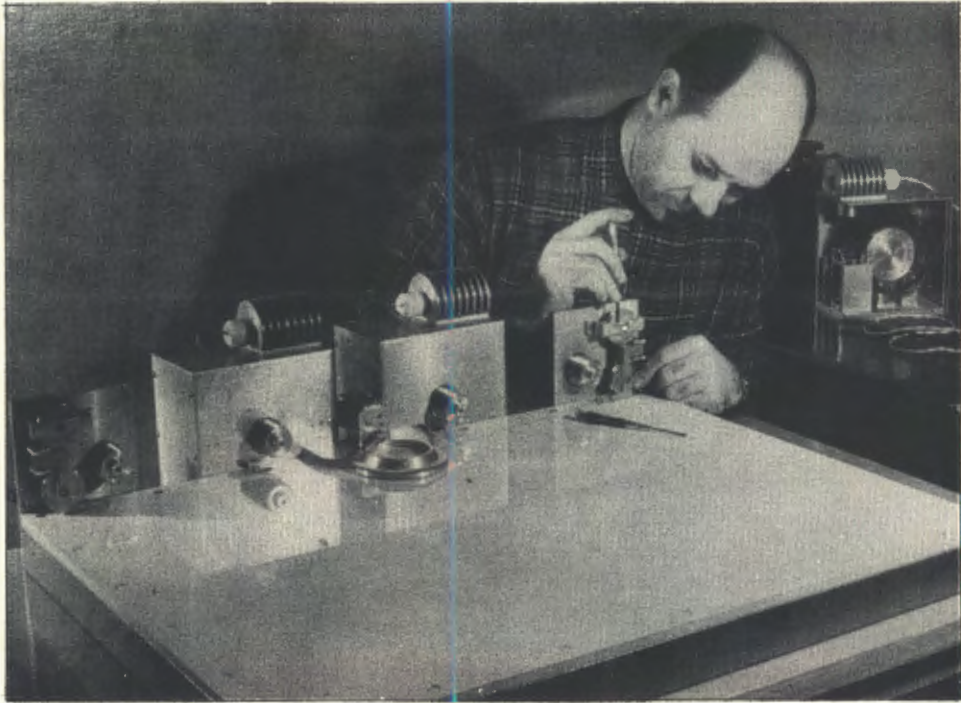


Рис.120. Монтаж биполярной системы "Радиус".

Отсчетная система для этого прибора разработана в двух вариантах: в первом применяется прямоугольная система и во втором – биполярная система "Радиус" (рис.120).

Предполагаемая производительность прибора 60 снимков в час.

5. Проект "спирального измерителя". Проведены работы по подготовке к проектированию и изготовлению измерительного устройства типа "спирального измерителя" для обработки снимков с пузырьковых камер. Системы этого типа отличаются быстродействием и не требуют предварительного просмотра снимков. Подготовлены технические условия на разработку этого прибора. Составлен проект договора с рядом институтов СССР о сотрудничестве в этой области. Имеется договоренность с Электроакустической лабораторией ГДР о производстве серии приборов в 1968–1969 годах.

В ЛВТА начаты проектно-конструкторские разработки оптико-механической части "спирального измерителя".

- IV. ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ РУКОВОДЯЩИХ
И КОНСУЛЬТАТИВНЫХ ОРГАНОВ
- V. ПРЕМИИ ОИЯИ ЗА 1966 ГОД
- VI. МЕЖДУНАРОДНЫЕ СВЯЗИ
И НАУЧНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО
- VII. РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ
- VIII. ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ОТДЕЛ
- IX. НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА
- X. ИЗОБРЕТАТЕЛЬСТВО И РАЦИОНАЛИЗАЦИЯ
- XI. АДМИНИСТРАТИВНО-ХОЗЯЙСТВЕННАЯ
ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

**Деятельность
руководящих
и консультативных
органов**

10-13 января 1967 года состоялась XXI сессия Ученого совета Объединенного института ядерных исследований. Совет обсудил отчеты о деятельности института в 1966 году, планы научных исследований на 1967 год, а также план развития средств вычислительной техники и автоматизации обработки экспериментальных данных на период с 1967 по 1970 год. Был утвержден план сотрудничества института с научно-исследовательскими организациями стран-участниц и проведения научных совещаний на 1967 год.

Ученый совет рассмотрел предварительные предложения о перспективном плане развития ОИЯИ на 1971-1975 годы и дал свои рекомендации.

Ученый совет избрал на очередной срок директором Лаборатории высоких энергий И.В.Чувило и переизбрал на должности директоров лабораторий В.П.Джелепова, Г.Н.Флерова и И.М.Франка. Сессия приняла решение о создании Ученого совета по теоретической физике.

Ученый совет почтил память академика В.И.Векслера, основателя и первого директора Лаборатории высоких энергий, и отметил его большие заслуги перед институтом.

Комитет полномочных представителей на совещании 17-19 января 1967 года одобрил и утвердил принятые XXI сессией Ученого со-

вета решения, которые определили научно-исследовательскую деятельность института на 1967 год, и принял к сведению сообщение дирекции об ожидаемом исполнении бюджета за 1966 год, а также утвердил бюджет института на 1967 год. Комитет полномочных представителей принял решение о рассмотрении специальной комиссией экспертов из стран-участниц перспективного плана развития в ОИЯИ исследований в области физики высоких энергий.

В связи с истечением срока полномочий вице-директора института профессора И.Улеглы Комитет избрал на очередной срок на эту должность профессора Н.Соднома.

XXII сессия Ученого совета Объединенного института ядерных исследований была открыта торжественным заседанием, посвященным 50-летию Великой Октябрьской социалистической революции. В связи с этим знаменательным юбилеем Ученый совет поздравил советских ученых и весь советский народ и выразил глубокую благодарность Советскому правительству, оказывающему большую помощь в развитии института.

Ученый совет одобрил решение специальной комиссии экспертов по рассмотрению перспектив развития физики высоких энергий в Объединенном институте ядерных исследований и принял решения по вопросам, касающимся подготовки к экспериментам на ускорителе Института физики высоких энергий в Серпухове.

Ученый совет присудил также премии ОИЯИ за лучшие научно-исследовательские и научно-методические работы 1966 года.

В 1967 году были проведены две сессии Ученого совета по физике высоких энергий. Первая часть весенней сессии проходила в Институте физики высоких энергий (Серпухов), где члены Совета ознакомились с ходом работ по сооружению ускорителя на 70 Гэв и подготовкой к исследованиям на нем. Были рассмотрены предложения от лабораторий ОИЯИ по постановке совместных с ИФВЭ работ, вопросы математического обеспечения камерных экспериментов ОИЯИ, информация о планируемых пучках частиц от 70 Гэв ускорителя. На сессии были заслушаны доклады о результатах экспериментальных исследований, выполненных в Лаборатории ядерных проблем. Ученый совет избрал председателем Совета профессора А. Хрынкевича.

В ноябре Ученый совет по физике высоких энергий обсудил проблемные планы лабораторий на 1968 год и вопрос о выполнении планов научных исследований в 1967 году. Были рассмотрены также планы международного сотрудничества в области физики высоких энергий на 1968 год. На обеих

сессиях Ученого совета были заслушаны информации о решениях Камерного и Фотоэмульсионного комитетов.

Ученый совет по физике низких энергий провел в 1967 году две сессии, на которых обсуждались отчеты о работе комитетов по нейтронной и ядерной физике, были заслушаны научные доклады о работах, проводимых в Лаборатории ядерных реакций и Лаборатории нейтронной физики. Обсуждался вопрос о состоянии работ по реконструкции ИБР-1 и проекту ИБР-2, о ходе работ по развитию измерительных центров в ЛНФ и ЛЯР. Были рассмотрены планы научных исследований и планы международного сотрудничества в области физики низких энергий на 1968 год. Председателем Ученого совета по физике низких энергий был избран профессор Н.Содном.

В 1967 году состоялись три заседания Камерного комитета, летнее заседание состоялось в Румынии. На совещаниях обсуждались предложения по постановке экспериментов в ИФВЭ и ход подготовки аппаратуры к этим исследованиям (2-метровых водородной и пропановой камер, магнитного спектрометра, электронной аппаратуры). Были рассмотрены вопросы обработки снимков с действующих пузырьковых камер в ОИЯИ и лабораториях стран-участниц, а также проблема создания большой ксеноновой камеры.

Одновременно проходили заседания Фотоэмульсионного комитета, на которых рассматривались планы облучения эмульсий на ускорителях ОИЯИ, программа подготовки опытов на ускорителе ИФВЭ.

В 1967 году состоялись три совещания Комитета по ядерной физике, из них весеннее проходило в Праге. На этих совещаниях рассматривалось состояние работ по ряду основных направлений исследований в Лаборатории ядерных реакций, работы по реконструкции циклотронов этой лаборатории, планы деятельности отдела ядерной спектроскопии и ряд исследований отдела экспериментальной ядерной физики ЛЯП. Обсуждались предложения стран-участниц по проведению в лабораториях ОИЯИ новых экспериментов.

Комитет по нейтронной физике проводил в 1967 году также три заседания, летнее заседание состоялось в Будапеште. Были рассмотрены

научные доклады о достижениях в области физики ядра и физики конденсированных сред, обсуждались перспективы физических исследований на ИБР-2. Комитет рассматривал заявки стран-участниц на постановку экспериментов и распределение времени работы на пучках ИБР.

На всех заседаниях комитетов регулярно заслушивалась информация о проведенных совместно с институтами стран-участниц ОИЯИ научных и методических работах.

Премии
Объединенного института
ядерных исследований
за 1966 год

На соискание премий Объединенного института ядерных исследований за 1966 год было представлено 10 лучших научно-исследовательских и научно-методических работ, выполненных сотрудниками института.

Решением Ученого совета от 9 июня 1967 года были присуждены премии за следующие работы:

Первая премия ОИЯИ за научно-исследовательскую работу

"Исследования с поляризованными мишенями и поляризованными нейтронами",

авторы: В.П.Алфименков, П.Драгическу, В.И.Лушиков, В.Г.Николенко, Ю.В.Таран, Ф.Л.Шапиро.

Две вторые премии ОИЯИ за научно-исследовательские работы

1. "Исследования свойств основных и возбужденных состояний сильнодеформированных ядер редкоземельной области",

авторы: А.А.Абдуразаков, В.Гнатевич, К.Я.Громов, Ж.Желев, И.Звольски, В.Звольска, В.Г.Калинников, М.Я.Кузнецова, В.В.Кузнецов, В.А.Морозов, Г.Музиоль, Я.Урбанец, М.Фингер, В.Г.Чумин.

2. "Решение уравнений типа уравнения Чу-Лоу и применение решений к анализу экспериментальных данных",

автор: В.А.Мещеряков.

Первая премия ОИЯИ за методическую работу

"Метод получения сверхнизких температур, основанный на растворении ^3He в ^4He ",

авторы: Н.С.Борисов, М.Ю.Либург, Б.С.Неганов, Ф.А.Тагирова.

Вторая премия ОИЯИ за методическую работу

"Электромагнитный сепаратор изотопов для идентификации продуктов ядерных реакций",

авторы: Н.И.Тарантин, А.В.Демьянов, Ю.А.Дьячихин, А.П.Кабаченко, Н.С.Иванов, О.П.Логинов, Х.Тиррофф.

Международные связи и научное сотрудничество

Международные связи Объединенного института ядерных исследований в 1967 году продолжали развиваться: значительно увеличилось число научных работ, выполняемых совместно с национальными институтами стран-участниц, количество приездов специалистов в Дубну с целью обсуждения и выполнения работ, обмена опытом и консультациями, а также командировок сотрудников ОИЯИ в страны-участницы института; в Дубне и странах-участницах был проведен ряд научных, научно-методических и организационных совещаний; ученые Дубны принимали участие в совещаниях и конференциях по тематике ОИЯИ, проводившихся национальными и международными организациями. Расширились научные связи института с международными организациями и национальными центрами в странах, не являющихся участницами института.

Сотрудничество лабораторий института с научно-исследовательскими организациями стран-участниц

Лаборатории ОИЯИ имеют тесные, все более расширяющиеся связи с научно-исследовательскими организациями стран-участниц. Если года

два-три назад совместно с институтами этих стран выполнялось около 100 работ, то в 1967 году число их возросло до 200.

В совместной работе Лаборатории высоких энергий и Физического института Болгарской Академии наук: " π^+p - взаимодействия при импульсе 2,34 Гэв/с на 40-сантиметровой водородной камере" выполнен анализ около 16 тыс. двухлучевых событий. В работе по изучению e^+e^- - распадов векторных мезонов принимали участие сотрудники из Польши и Чехословакии. Успешно проводилось совместно с институтами ПНР и ВНР исследование распадов нейтральных бозонов на π^0 -мезоны и γ -кванты, просмотрено 600 тыс. фотографий с ксеноновой пузырьковой камеры, облученной в пучке π^+ -мезонов. Продолжалось сотрудничество по изучению амплитуд упругого pp - и pd -рассеяния в области энергии 1-10 Гэв с учеными Болгарии, Чехословакии, Монголии и Демократической Республики Вьетнам.

В связи с работами по модернизации 2-метровой пропановой пузырьковой камеры, подготавливаемой для экспериментов в ИФВЭ, польские и чехословацкие ученые и инженеры совместно с промышленными предприя-

Рис.121. Заседание 5-ой сессии Ученого совета по физике высоких энергий, посвященное вопросам сотрудничества с Институтом физики высоких энергий, состоялось 16 марта в конференц-зале ИФВЭ. В работе Совета приняли участие ведущие ученые ИФВЭ.



тиями своих стран предложили изготовить значительную часть оптической системы этой камеры.

Лаборатория ядерных проблем, и в частности отдел ядерной спектроскопии и радиохимии, уже в течение ряда лет успешно сотрудничает в исследовании нейтронодефицитных изотопов редких земель с научно-исследовательскими организациями Болгарии, Венгрии, ГДР, Польши, Чехословакии и Советского Союза.

Важной совместной работой лаборатории с Народным предприятием Карл Цейсс Иена, ГДР, следует считать разработку специальных оптических систем для многометровой жидководородной пузырьковой камеры.

Группа В.М.Сидорова активно сотрудничает с монгольскими и румынскими физиками в исследовании процессов двойной перезарядки методом фотоэмульсий.

Лаборатория ядерных проблем проводит подготовку к совместным исследованиям и на установках, имеющихся в странах-участницах. Сюда относятся совместные с чехословацкими физиками исследования с целью проведения в Праге опытов по рассеянию поляризованных нуклонов нуклонами (группы Ю.М.Казаринова и Б.С.Неганова), а также подготовка к проведению в ИФВЭ исследования по поиску монополя Дирака (группа В.П.Зрелова). Сотрудники группы Ю.А.Щербакова вместе с болгарскими физиками начали подготовку экспериментов на реакторе ИРТ-100 ФИ БАН с помощью техники диффузионных камер.

В связи с программой проведения экспериментов ОИЯИ на ускорителе ИФВЭ (Серпухов), естественно, существует и будет в ближайшее время развиваться самое широкое сотрудничество лабораторий высоких энергий и ядерных проблем с Институтом физики высоких энергий.

Тесные научные контакты поддерживают ученые Лаборатории теоретической физики со своими коллегами из стран-участниц. Активно сотрудничает со странами-членами ОИЯИ отдел теории ядра, возглавляемый проф. В.Г.Соловьевым, в особенности с чехословацкими (П.Фогель), польскими (А.Собичевски, В.Рыбарска) и болгарскими теоретиками, совместно с которыми проведены важные исследования.

Отделом физики высоких энергий этой лаборатории выполнена работа по дисперсионным соотношениям и приближенным уравнениям в теории сильных взаимодействий (совместно с И.Недялковым, НРБ, и Ф.Кашлуном, ГДР), проведены исследования по теоретико-групповому подходу в теории элементарных частиц (совместно с П.Шураньи, ВНР), по исследованию

взаимодействия частиц очень высоких энергий и структуры нуклонов (совместно с А.Френкелем, ВНР).

В течение нескольких лет крепнут научные связи Лаборатории ядерных реакций (С.М.Поликанов, А.А.Плеве) с Институтом атомной физики в Бухаресте (группа Н.Вылкова), совместно изучающих свойства спонтанно делящихся изомеров на циклотроне Института атомной физики. Результаты этих исследований опубликованы в трех статьях. Особенно интересными представляются данные последних опытов, в которых было изучено образование спонтанно делящегося изомера ^{242}Am при радиационном захвате нейтронов.

В 1967 году в ЛЯР была завершена подготовка к введению в действие бета-спектрометра типа "Апельсин", изготовленного в Варшаве группой проф.З.Вильгельми. Большая работа, связанная с доводкой аппаратуры и установкой ее на пучке, выполнена в этой лаборатории.

Лаборатория нейтронной физики и Институт ядерной физики в Кракове успешно работают над изучением рассеяния нейтронов в кристаллах. ЛНФ (К.Парлинский) эффективно сотрудничает с группой польских физиков, возглавляемой проф. Е.Яником, в исследовании динамики твердого тела методом неупругого рассеяния нейтронов, для чего объединенными силами создан спектрометр. Большой интерес представляет работа, проводимая совместно группой Ю.А.Александрова и группой проф.Б.Бураса из ИЯИ в Варшаве. Эти группы готовят эксперимент по $(\text{п}-\text{е})$ -взаимодействию, имеющий фундаментальное значение в ядерной физике.

Ученые ряда стран - Венгрии, ГДР, Польши - сотрудничают с группой физиков ЛНФ, ведущих исследования на электростатическом генераторе. Так, под научным руководством проф. З.Вильгельми (Варшавский университет) на электростатическом генераторе проводятся исследования, которые осуществляются с помощью аппаратуры, привезенной из Польши.

Новая лаборатория института - Лаборатория вычислительной техники и автоматизации поддерживает тесные контакты с Вычислительным центром ЦИФИ ВАН в Будапеште, с Институтом физики высоких энергий ГАН в Цойтене (ГДР), ВЦ МГУ и другими центрами Советского Союза. В частности, ведутся совместные работы по созданию системы математического обеспечения для машины БЭСМ-6. В ЛВТА прошли стажировку на вычислительных машинах, специалисты из ДРВ и КНДР. Намечается широкое сотрудничество с Институтом физики высоких энергий в Цойтене и рядом институтов Советского Союза по разработке спирального

измерителя с целью проведения экспериментов на ускорителе ИФВЭ (Серпухов).

Отделом радиационной безопасности ОИЯИ и группой сотрудников отдела радиационной защиты ИЯИ в Сверке, ПНР, были выполнены исследования поглощенного излучения в тканеэквивалентном фантоме в опытах с узкими пучками протонов и нейтронов с энергиями несколько сотен Мэв. Изучен характер излучения за защитой синхроциклотрона. Полученные результаты позволяют более обоснованно контролировать эффективность защиты от излучений высоких энергий. Дозиметристами из ЦИЯИ в Россендорфе, ГДР и ОИЯИ исследована эффективность некоторых нейтронных радиометров относительно регистрации частиц в широкой области энергий.

Научные командировки

В 1967 году в научных командировках в Объединенном институте побывало 726 специалистов стран-участниц (без СССР), в том числе 307 ученых приезжали в Дубну для участия в проведении научных работ и научно-технических разработок, обсуждения результатов совместных исследований,

Рис.122. Выставка польского оборудования для ядерной техники была открыта в Дубне 5 сентября. Организатор выставки - дирекция польского внешнеторгового предприятия "Метронэкс".





Рис.123. Институт посетила группа руководителей промышленности ЧССР. Заместитель директора Лаборатории нейтронной физики чехословацкий ученый Ян Урбанец познакомил своих земляков с работами, которые ведутся в лаборатории. На снимке (слева направо): зам.директора завода "Шкода" А.Комарек, вице-директор ОИЯИ проф. И.Улегла, зам.министра энергетики ЧССР А.Шевчик, председатель атомной комиссии ЧССР Я.Нойман и Я.Урбанец.

обмена опытом и консультаций и 419 ученых участвовали в научных совещаниях, сессиях ученых советов, комитетов и других научно-организационных мероприятиях института, проводившихся в Дубне и странах-участницах.

Ежегодно Объединенный институт ядерных исследований направляет в страны-члены ОИЯИ своих научных сотрудников, инженеров, математиков с целью выполнения совместных работ, участия в совещаниях, обмена опытом и чтения лекций. В 1967 году в социалистические страны выезжали 252 специалиста ОИЯИ. Из них 140 специалистов участвовали в научных совещаниях, проведенных в странах-участницах, 80 человек выезжали с целью выполнения совместных работ, 32 - для обмена опытом. чтения лекций.

XII сессия Ученого совета приняла решение о направлении в социалистические страны ученых института на продолжительное время. В соответствии с этим решением выезжали за границу следующие ученые ОИЯИ: Н.И.Пятов - в ГДР, М.И.Подгорецкий - в Польшу, В.Б.Любимов - в Чехословакию, А.А.Плеве и С.П.Третьякова - в Румынию.

Проведение научных совещаний

Объединенный институт ядерных исследований в 1967 году организовал 11 научных совещаний, симпозиумов, школ, а также 17 научно-организационных совещаний. В этих совещаниях приняли участие 1430 человек, в том числе 1057 специалистов из стран-участниц и 24 ученых из других стран. Были проведены такие международные совещания, как Симпозиум по нелокальной квантовой теории поля, Школа по физике высоких энергий, Семинар ведущих ученых по проблемам физики высоких энергий, Совещание по ядерной спектроскопии и теории ядра. Была также организована выставка электронных устройств, выпускаемых в странах-участницах института для исследований в области ядерной физики.

Некоторые совещания проводились в сотрудничестве с научными центрами стран-участниц в Праге, Высоких Татрах, Будапеште, Бухаресте, Риге. В ряде научных совещаний участвовали также и ученые из стран, не входящих в институт.



Рис.124. "Электронные приборы для ядерной физики" - так называлась выставка, которая была открыта 16 июня в Дубне. Выставка была организована ОИЯИ совместно с научными институтами и промышленными фирмами стран-участниц. Демонстрировалась аппаратура, изготовленная в Венгрии, ГДР, Польше, а также в лабораториях Дубны.



▲
Рис.125. Объединенный институт организовал международный семинар по проблемам развития физики высоких энергий. В семинаре, проходившем в Риге, приняли участие ведущие ученые стран-участниц, ОИЯИ и ЦЕРНа. На снимке: в перерыве между заседаниями.



Рис.126. Участники семинара на экскурсии в Риге. ▶

Международная теоретическая школа по физике высоких энергий для экспериментаторов в Высоких Татрах (ЧССР) была организована при поддержке Чехословацкой Академии наук, Словацкой Академии наук и Общества чехословацких математиков и физиков. Ведущие ученые ОИЯИ, стран-участниц и других стран в своих лекциях ознакомили слушателей с современными теоретическими и экспериментальными проблемами физики элементарных частиц и физики высоких энергий. В работе школы приняли участие около 90 человек, она прошла с успехом.

Советский Союз содействовал проведению в Риге важного международного семинара по проблемам развития физики высоких энергий, на котором ведущие ученые стран-участниц, ОИЯИ и ЦЕРНа обсудили вопросы перспектив развития физики высоких энергий. Хорошо был организован в Будапеште семинар по фазовым переходам.

Участие в научных совещаниях, проведенных другими научными центрами

Ученые и другие специалисты ОИЯИ принимали участие в 26 научных совещаниях, конференциях, симпозиумах, проходивших в странах-участницах: НРБ, ВНР, ГДР, ПНР, СССР, ЧССР. Например, сотрудники института участвовали в работе Краковско-Россендорфского семинара по ядерной спектроскопии; Международной конференции по физике и технике низких температур в Польше; Международного совещания по эффекту Мёссбауэра в Болгарии; Международной конференции по ядерным реакциям на легких ядрах в ГДР; XVII ежегодного совещания по ядерной спектроскопии, Конференции по ядерной физике и физике элементарных частиц, Проблемного симпозиума по физике ядра - в Советском Союзе и т.д. Всего на научные совещания, проведенные в странах-участницах, было командировано 169 специалистов института.

На международные и национальные конференции в странах, не являющихся членами института, выезжали 57 ученых ОИЯИ. Они участвовали в Международной конференции по структуре ядра в Японии, Международной конференции по физике элементарных частиц в Гейдельберге (ФРГ), Международной конференции по ускорителям в Кембридже (США) и др. Всего Объединенный институт принимал участие в 23 конференциях, школах, и совещаниях, проведенных в странах, не участвующих в ОИЯИ.



▲
Рис.127. В Дубне проходила
Международная конференция
по электромагнитным взаимо-
действиям при низких и сред-
них энергиях. На снимке: чле-
ны оргкомитета конференции
(слева направо) проф. А.П.Ко-
мар, проф. П.А.Черенков
(председатель), проф. А.М.Бал-
дин (зам. председателя).



▲
Рис.128. Группа участников
Конференции. Проф. И.М.Франк
знакомится с работами
ученых Харьковского физи-
ко-технического института.

Рис.129. Гостями Объединенного института была группа ученых из Пакистана во главе с президентом Академии наук этой страны проф. М.Ризиуддином Сиддики (на снимке в центре). Доктор ф.м.н. М.И.Соловьев познакомил гостей с Лабораторией высоких энергий.



Сотрудничество и связи с другими научными центрами

В истекшем году успешно продолжали развиваться связи Дубны с Европейской организацией ядерных исследований ЦЕРН в Женеве, с Институтом Нильса Бора в Копенгагене, с Международным центром теоретической физики в Триесте, с французскими научными центрами в Сакле и Орсе.

В ЦЕРНе в 1967 году работали длительное время (от 3-х месяцев до одного года и более) 14 сотрудников ОИЯИ; с краткосрочными визитами побывали 9 человек. Наши физики участвовали там в важных исследованиях.

Продолжалось сотрудничество с Институтом Н.Бора в Копенгагене, где работали 6 наших ученых. ОИЯИ эффективно проводит с этим институ-

том работы по исследованию спонтанно делящихся изомеров и нейтронодефицитных изотопов.

С лекциями в научно-исследовательских организациях Франции выступили директор ОИЯИ академик Н.Н.Боголюбов, доктор физико-математических наук Нгуен Ван Хьеу (ЛТФ), проф. И.Тодоров (ЛТФ), доктор химических наук И.Звара (ЛЯР) и другие. В течение года в центре ядерных исследований в Сакле работал научный сотрудник ЛНФ В.И.Лушиков, в течение трех месяцев в Институте ядерной физики в Орсе - П.В.Шляпников (ЛЯП) и Н.И.Тарантин (ЛЯР).

Всего в научных командировках в странах, не являющихся членами института, побывали 102 человека, из них 57 участвовали в научных конференциях.

Приглашения ученых в ОИЯИ

В 1967 году Объединенный институт пригласил 67 ученых из стран, не участвующих в ОИЯИ, на наши совещания, семинары, обсуждения научных проблем, для работы в лабораториях института в порядке обмена учеными, и 6 человек было приглашено в качестве стипендиатов.

В Лаборатории теоретической физики работали 4 теоретика ЦЕРНа от 2 недель до 2 месяцев (А.Доннахи, Я.Коккиди, Х.Роод, Д.Робинсон); налажено сотрудничество отдела обработки данных ЦЕРНа с Лабораторией вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ. Специалисты ЦЕРНа М.Бено и Ф.Марчиано приняли участие в наладке сканирующего автомата НРД. Крупный специалист по пузырьковым камерам д-р Д.Канди принял участие в обсуждении проблем конструирования пузырьковых камер с тяжелым наполнением и обработки फिल्मовой информации с этих камер.

В порядке обмена визитами между ОИЯИ и Орсе (Франция) в Дубну приезжали 3 специалиста. Ученый этого центра Ш.Гольдштейн принял активное участие в работах по реконструкции и наладке ускорителя тяжелых ионов У-200.

Во время своего трехмесячного пребывания в Дубне датский ученый Е.Борггрен из Института Нильса Бора продолжил вместе с нашими учеными работы по изучению спонтанно делящихся изомеров и получил новые интересные данные.

В качестве стипендиатов в 1967 году в ОИЯИ работали 6 физиков - из Финляндии, Пакистана, Югославии, Австрии.

15 ученых из стран, не участвующих в ОИЯИ, посетили Дубну для чтения лекций и обсуждения научных проблем.

Экскурсии в ОИЯИ

В течение 1967 года ОИЯИ принял 155 групп экскурсантов (2659 человек), в том числе 41 группу (373 человека) из стран, не являющихся членами ОИЯИ. Ученые института ознакомили посетителей с основными направлениями работ и экспериментальными установками.

С П Р А В К А

о развитии международного сотрудничества и связей Объединенного института ядерных исследований за период с 1963 по 1967 год

№№ п/п	Вид сотрудничества	1963	1964	1965	1966	1967
1.	Количество совместных работ	47	70	104	153	203
2.	Количество командировок специалистов из стран-участниц института в Дубну (без совещаний)	120	148	203	252	307
3.	Количество командировок специалистов ОИЯИ в страны-участницы	128	147	162	210	252
4.	Количество научных, методических и научно-организационных совещаний, проведенных ОИЯИ	9	16	19	28	28
5.	Количество командировок из ОИЯИ на международные конференции и в научные центры стран, не являющихся участниками института	34	40	69	78	102
6.	Количество приездов в ОИЯИ ученых из стран, не участвующих в ОИЯИ.	10	7	18	52 ^{x)}	67 ^{x)}
7.	Количество стипендиатов ОИЯИ.	-	-	-	1	6

x) Примечание: В 1966 и 1967 годах возросло число ученых, приглашенных на конференции и совещания.

П Е Р Е Ч Е Н Ь

научных совещаний, проведенных Объединенным институтом ядерных исследований в 1967 году

№№ пп	Тематика совещаний	Время про- ведения	Место про- ведения	Количество участников
1	2	3	4	5
	Совещания по физике высоких энергий			
1.	Совещание по формированию пучков высоких энергий	18-21 апреля	Дубна	44
2.	Международный семинар ведущих ученых по проблемам развития фи- зики высоких энергий	8-24 сентября	Рига	35
3.	Совещание по нелокальной квантовой теории поля	4-7 июля	Дубна	70
4.	Международная теоретическая школа по физике высоких энергий для экспе- риментаторов	8-24 октября	Попрадске Плесо	82
	Совещания по физике низких энергий			
5.	Совещание по ядерной спектроскопии и теории ядра	27-30 июня	Дубна	118
6.	Совещание по фазовым переходам	10-13 октября	Будапешт	55

1	2	3	4	5
	Совещания по методическим вопросам			
7.	Совещание по наносекундной радио-электронике в ядерной физике	13-17 июня	Дубна	127
8.	Совещание по полупроводниковым детекторам	20-23 июня	Дубна	114
9.	Совещание по проблемам автоматизации обработки информации с использованием электронно-вычислительных машин (техника, программирование, математические методы)	24-27 октября	Дубна	225
Научно-организационные совещания				
10.	Сессии Ученого совета по физике высоких энергий	16-18 марта 23-25 ноября	Серпухов-Дубна Дубна	36 35
11.	Сессии Ученого совета по физике низких энергий	31 мая - 2 июня 23-25 ноября	Дубна Дубна	34 35
12.	Совещания Камерного комитета	14-16 марта 4-10 мая 21-23 ноября	Дубна Бухарест Дубна	28 25 31
13.	Совещания Фотоэмulsionного комитета	14-16 марта 4-10 мая 21-23 ноября	Дубна Бухарест Дубна	43 29 42

1	2	3	4	5
14.	Совещания Комитета по ядерной физике	25-27 апреля 1-3 июля 21-23 ноября	Прага Дубна Дубна	26 27 26
15.	Совещания Комитета по нейтронной физике	21-23 февраля 9-12 мая 21-23 ноября	Дубна Будапешт Дубна	26 31 21
16.	Совещание экспертов по перспективам развития исследований в области физики высоких энергий	11-14 апреля	Дубна	29
17.	Совещание по подготовке фотоэмульсионных экспериментов на Серпуховском ускорителе	10-11 апреля	Дубна	11
18.	Совещание по установке масс-сепаратора на пучке синхроциклотрона ЛЯП	23-26 мая	Дубна	25

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 1967 году

№№ п/п	Наименование	Дата про- ведения	Место про- ведения	Фамилии (количество) участников
В странах-участницах института				
1.	XVII ежегодное совещание по ядерной спектроскопии	25 января - 2 февраля	Харьков, СССР	57 чел.
2.	Заседание Математического общества ГДР	10-21 февраля	Берлин, ГДР	Ласснер Г. (ГДР)
3.	Зимняя школа Вроцлавского университета по теоретической физике	15 февраля - 3 марта	Карпач, ПНР	Ефимов Г.В. (СССР) Барбашов Б.М. (СССР)
4.	Заседание Физического общества ГДР	10-21 апреля	Берлин, ГДР	Юнгклауссен Х. (ГДР)
5.	Проблемный симпозиум по физике ядра	20-27 апреля	Тбилиси, СССР	15 чел.
6.	Краковско-Россендорфский семинар по ядерной спектроскопии	7-21 мая	Краков, ПНР	Стахура З. (ПНР) Чан Тхань Мин (ДРВ) Роггер Х. (ГДР) Христов И. (НРБ) Шимчик С. (ПНР) Стычень Я. (ПНР) Осетинский Г.М. (СССР)

1	2	3	4	5
7.	Всесоюзная конференция по физике защиты	15-19 мая	Обнинск, СССР	Комочков М.М. (СССР)
8.	VIII Всесоюзная конференция по физике жидкого состояния вещества	15-19 мая	Киев, СССР	Голиков В.В. (СССР) Козлов Ж.А. (СССР)
9.	V Всесоюзная научно-техническая конференция по созданию и внедрению систем управления с применением вычислительной техники	17-19 мая	Тбилиси, СССР	Говорун Н.Н. (СССР)
10.	Конференция по ядерной физике и физике элементарных частиц	1-7 июня	Ужгород, СССР	20 чел.
11.	Летняя школа по теоретической физике	3-17 июня	Закопане, ПНР	Исаев П.С. (СССР) Бабилов В.В. (СССР) Джолос Р.В. (СССР) Полубаринов И.В. (СССР) Борелевский З. (ПНР)
12.	XIV Всесоюзное совещание по физике низких температур	23-28 июня	Харьков, СССР	Хухарева И.С. (СССР) Петрова Л.В. (СССР)
13.	Симпозиум по фотонным детекторам	2-7 июля	Варшава, ПНР	Гладки Я. (ЧССР)
14.	XIV конференция и Конгресс Международного союза чистой и прикладной химии (ИЮПАК)	26 августа - 4 сентября	Прага, ЧССР	Звара И. (ЧССР) Райчев Х. (НРБ)

1	2	3	4	5
15.	Съезд болгарских математиков	28 августа - 8 сентября	Варна, НРБ	Стоянов Д. (НРБ) Денчев Р. (НРБ) Жидков Е.П. (СССР)
16.	Международная конференция по физике и технике низких температур	29 августа - 9 сентября	Вроцлав, ПНР	Зельдович А.Г. (СССР) Неганов Б.С. (СССР) Пилипенко Ю.К. (СССР)
17.	Коллоквиум по теории элементарных частиц	10-16 сентября	Прага, ЧССР	Йерсак И. (ЧССР) Штерн Я. (ЧССР)
18.	Съезд польских физиков	10-25 сентября	Варшава, ПНР	Нагканец И. (ПНР) Парлиньски К. (ПНР)
19.	Конференция по применению вакуумной техники	11 сентября	Казань, СССР	Овчинников О.Н. (СССР) Пикельнер Е.Я. (СССР) Воронкин В.П. (СССР) Осетинский Г.М. (СССР) Челурченко И.А. (СССР)
20.	Международное совещание по эффекту Мёссбауэра	19-28 сентября	Варна, НРБ	Скорчев Б. (НРБ) Райчев Х. (НРБ) Пфреппер Г. (ГДР) Хенниг К. (ГДР)
21.	Всесоюзный симпозиум по ядерному магнитному резонансу	24-30 сентября	Таллин, СССР	Таран Ю.В. Васильев Б.В.
22.	Всесоюзное совещание по физике космических лучей	28 сентября - 6 октября	Новосибирск, СССР	7 чел.

1	2	3	4	5
23.	Национальная школа по теоретической физике	29 сентября - 15 октября	Добрецен, ВНР	Нири Ю. (ВНР)
24.	Всесоюзная школа "Электромагнитные переходы в ядрах"	2-16 октября	Ташкент, СССР	11 чел.
25.	Международный симпозиум по случаю 100-летия со дня рождения Марии Склодовской-Кюри	16-23 октября	Варшава, ПНР	Флеров Г.Н. (СССР) Джелелов В.П. (СССР)
26.	Международная конференция по ядерным реакциям на легких ядрах	15-25 октября	Россендорф, ГДР	Сизов И.В. (СССР) Эрамжан Р.А. (СССР) Ярба В.А. (СССР) Ким Сын Нам (КНДР) Роттер И. (ГДР) Ловаш И. (ВНР) Элер Г. (ГДР) Ширмер Г. (ГДР) Шульц Г. (ГДР) Вибики Г. (ГДР)
В странах, не являющихся участниками института				
27.	Международная конференция по сканирующим автоматам	19-20 января	Мюнхен, ФРГ	Каржавин Ю.А. (СССР)
28.	Международный семинар по физике низких энергий	16-26 января	Дакка, Пакистан	Хулубей В. (СРР) Карнаузов В.А. (СССР)
29.	Международная конференция по ускорителям частиц	1-3 марта	Вашингтон, США	Денисов Ю.Н. (СССР)

1	2	3	4	5
30.	Конференция по нуклон-нуклонному взаимодействию	23-25 марта	Гейнсвилл, США	Лалидус Л.И. (СССР) Казаринов Ю.М. (СССР)
31.	Симпозиум по хроматографии	10-14 апреля	Амстердам, Голландия	Цалетка Р. (ЧССР)
32.	Международный коллоквиум по лужырьковым камерам	13-14 апреля	Гейдельберг, ФРГ	Либман Г. (ГДР)
33.	Школа физиков ЦЕРНа	21-мая-3 июня	Ряттвик, Швеция	Петрухин В.И. (СССР) Неменов Л.Л. (СССР) Паточка И. (ЧССР)
34.	Международная конференция по магнитной технологии	11-14 июля	Оксфорд, Англия	Схвабе Е. (ПНР)
35.	Конференция по изучению взаимодействия частиц высоких энергий со сложными ядрами	28 августа - 5 сентября	Рёрус, Норвегия	Беляев В.Б. (СССР) Евсеев В.С. (СССР)
36.	Международная конференция по теории частиц и полей	28 августа - 1 сентября	Рочестер, США	Тодоров И. (НРБ) Тавхелидзе А.Н. (СССР) Рындин Р.М. (СССР)
37.	Конференция по сверхтонким взаимодействиям	31 августа - 5 сентября	Пасифик-Гров, США	Хрынкевич А. (ПНР)
38.	Международный симпозиум по взаимодействиям электронов и фотонов высоких энергий	5-9 сентября	Станфорд, США	Джелепов В.П. (СССР)

1	2	3	4	5
39.	Международная конференция по структуре ядра	7-13 сентября	Токио, Япония	Хрынкевич А. (ПНР) Франк И.М. (СССР) Флеров Г.Н. (СССР) Соловьев В.Г. (СССР) Звольский Я. (ЧССР) Урбанец Я. (ЧССР) Громов К.Я. (СССР) Волков В.В. (СССР) Ловаш И. (ВНР)
40.	Международная конференция по ускорителям высоких энергий	11-15 сентября	Кембридж, США	Джелепов В.П. (СССР) Семеновский И.Н. (СССР) Дмитриевский В.П. (СССР)
41.	Международная конференция по физике элементарных частиц	20-27 сентября	Гейдельберг, ФРГ	Мешеряков М.Г. (СССР) Мухин А.И. (СССР) Ярба В.А. (СССР) Кузнецов А.А. (СССР) Кладнишкая Е.Н. (СССР) Будагов Ю.А. (СССР) Ефремов А.В. (СССР) Бунятов С.А. (СССР) Огиевецкий В.И. (СССР) Матвеев В.А. (СССР) Каназирски Х. (НРБ)
42.	Генеральная конференция МАГАТЭ	22 сентября - 3 октября	Вена, Австрия	Содном Н. (МНР)
43.	Сольвейский конгресс по фундаментальным проблемам физики элементарных частиц	1-5 октября	Брюссель, Бельгия	Тавхелидзе А.Н. (СССР)

1	2	3	4	5
44.	Международная школа физиков	1-15 октября	Гердег-Нови, Югославия	Фаустов Р.Н. (СССР) Струминский В.В. (СССР) Беляков В.А. (СССР) Иреш М. (ЧССР) Володко В.Г. (СССР)
45.	Заседание исполкома ИЮПАП	18-28 октября	Гренобль, Франция	Блохинцев Д.И. (СССР)
46.	Празднование 100-летия со дня рождения М.Склодовской-Кюри	23-28 октября	Париж, Франция	Хрынкевич А. (ПНР)
47.	Семинар по химическим проблемам проекта "Изолда"	2-3 ноября	ЦЕРН, Швейцария	Звара И. (ЧССР) Тиррофф Х. (ГДР)
48.	Курсы по подготовке специалистов для машины СДС-1604А	с 3 ноября на 3 месяца	Франкфурт-на-Майне, ФРГ	Ососков Г.А. (СССР) Миролюбов В.П. (СССР) Карлов А.А. (СССР)
49.	Совещание по неупругому рассеянию нейтронов	11-15 ноября	Хельсинки, Финляндия	Судник-Хрынкевич М. (ПНР)

Радиационная безопасность

В Объединенном институте ядерных исследований действуют около двенадцати ускорительных установок и импульсный быстрый реактор, которые являются мощными источниками ионизирующих излучений. В двух радиохимических отделах производится обработка радиоактивных препаратов с активностью до 10 кюри. Помимо этого, в институте находится в обращении несколько сотен радиоактивных источников для контроля установок и отдельных приборов. За сотрудниками, занятыми на работах в полях ионизирующих излучений, установлен индивидуальный дозиметрический контроль.

В 1967 году сотрудники отдела радиационной безопасности проводили систематический дозиметрический контроль уровней радиации на рабочих местах вблизи установок, в смежных помещениях и на окружающей здания установок территории. Контролю подлежали также концентрации радиоактивных веществ в воздухе помещений, на рабочих поверхностях и в жидких радиоактивных отходах. Контролируемыми видами радиации являются альфа-, бета-, гамма-излучения, заряженные релятивистские частицы, а также нейтроны широкого энергетического интервала. Данные измерений представле-

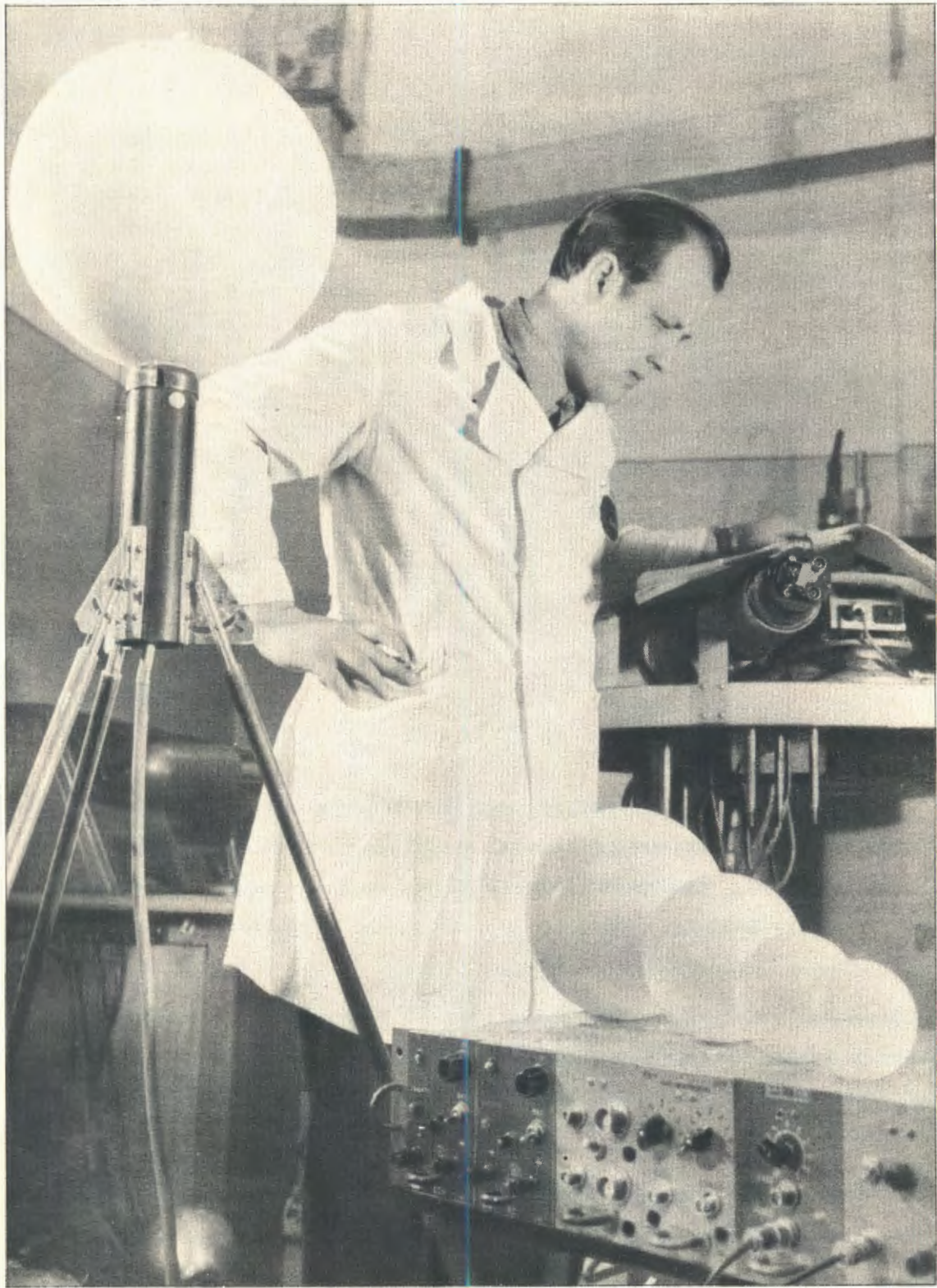


Рис.130. Радиометр нейтронов с набором шаровых замедлителей, разработанный учеными ОИЯИ совместно с немецкими коллегами из Россендорфа. На снимке: инженер В.А.Архипов ведет наладку прибора.

ны в виде более чем десяти картограмм полей ионизирующих излучений вблизи установок. Результаты дозиметрического контроля показывают, что сотрудники института работают в таких условиях, когда вероятность воздействия радиации в количествах, превышающих предельно допустимые, сведена к минимуму. Так, например, в 1967 году степень облучения 87,5% сотрудников ОИЯИ не превышала 1 бэр (одной пятой от годовой предельно допустимой дозы).

В истекшем году сотрудники отдела радиационной безопасности принимали участие в составлении задания на реконструкцию синхроциклотрона. Они разрабатывали системы дозиметрического контроля и защиты от излучений. В связи с усовершенствованием ИБРа проведен расчет локальной защиты с необходимым экспериментальным обоснованием. Рассмотрены проекты защиты от излучений, дозиметрического контроля и мер обеспечения радиационной безопасности, связанные с возможным увеличением тока ускоренных протонов в синхрофазотроне и конструированием реактора ИБР-2.

В соответствии с перспективой развития основных установок института и повышением надежности и достоверности результатов дозиметрического контроля выполнялся ряд научно-методических работ. Были опубликованы результаты завершенных работ, в ряде которых приняли участие сотрудники отдела радиационной защиты Института ядерных исследований (ПНР). Совместно с коллегами из ГДР проводились исследования эффективности регистрации нейтронов радиометром с набором сферических замедлителей в пучке нейтронов от импульсного реактора. Начаты измерения эффективности регистрации тепловых и медленных нейтронов индивидуальным дозиметром быстрых нейтронов, которые проводятся совместно с дозиметристами из Института физики БАН.





Постоянные жители Дубны подчас этого не замечают, но по единодушному мнению всех, кто приезжает из разных стран, здесь – отличные условия не только для работы, но и для отдыха (комфортабельная гостиница, живописные окрестности, водные просторы Московского моря, Волги и ее притоков).



Издательский

отдел

В 1967 году издательский отдел ОИЯИ выпустил в свет 516 препринтов (около 800 учетно-издательских листов), что составляет около 250 тысяч брошюр. Препринты рассылались научным учреждениям, библиотекам и ученым в 39 стран. Кроме того, что производилась рассылка постоянным адресатам, более 2000 препринтов было выслано по отдельным запросам.

Совместно с библиотекой проведена работа по усилению притока научной литературы в порядке обмена на издания Дубны. В результате за год библиотекой получено в порядке обмена более 10 тысяч препринтов из 28 стран.

Были изданы и разосланы все поступившие в отдел сборники материалов рабочих совещаний и симпозиумов. На высоком уровне для данного вида полиграфической техники выполнена работа по изданию ежегодного отчета ОИЯИ.

В 1967 году было налажено оперативное печатание программ и других материалов вычислительного центра ЛВТА. Теперь все физики, математики и инженеры, работающие на ЭВМ, снабжены необходимыми материалами. Отпечатано 24 выпуска библиографических информационных бюллетеней биб-

Рис.131. В издательском отделе хранятся запасные экземпляры около 4000 наименований репринтов, выпущенных за период с 1956 по 1968 год. На снимке - секретарь по обмену репринтами Т.Бочварова (Болгария) подбирает издания для отправки по отдельным запросам. Их приходит в год около 3000. По просьбам ученых Дубны издательский отдел также запрашивает репринты, книги и журналы из тех стран, с которыми имеется обмен научной информацией. ►



Рис.132. Наборное отделение. Здесь хорошо проявили себя выпускницы средних школ Дубны. Они набирают тексты на русском и английском языках. На машинах марки "Веритайпер" печатаются формулы. Авторы освобождены от вписывания их от руки. ▼





Рис.133. Первая копирувальная машина "Ксерокс", полученная издательским отделом, изменила "быт" лабораторий. Ученые института быстро получают копии нужных им препринтов и даже целых книг. Ежемесячно делается в среднем 12 тысяч копий.

лиотеки, ежегодный указатель работ сотрудников ОИЯИ и указатель периодических изданий, получаемых библиотекой.

Всего в 1967 году отпечатано 4693810 оттисков. Переработано 26,2 тонны бумаги.

Освоена эксплуатация нового оборудования, в том числе копируальной машины "Ксерокс-914", приобретенной институтом. За второе полугодие 1967 года изготовлено 44000 листов копий. В частности, по заказу библиотеки были сделаны ксерокопии редких ценных книг.

Продолжалась работа по микрофильмированию материалов по заказам лабораторий и библиотеки (6612 кадров) и по изготовлению печатных схем электроники (912 негативов).

Научно-техническая библиотека

В 1967 году библиотека обслужила 3877 человек, в том числе 630 прибывших в ОИЯИ в командировки. Количество читателей увеличилось на 397 человек по сравнению с 1966 годом. Число посещений библиотеки возросло до 104 тысяч раз, было выдано свыше 120 тысяч печатных единиц.

Было увеличено число передвижек в отделах института до 38, что способствовало лучшему использованию книжного фонда, экономии времени научных сотрудников.

По заказам читателей книги и журналы, которых нет в фондах библиотеки, привозились из Москвы. Всего получено по межбиблиотечному абонементу (МБА) 2822 печатных единицы. В свою очередь, библиотека Объединенного института обслуживала по МБА 42 библиотеки Советского Союза.

В 1967 году по всем источникам комплектования в библиотеку поступило свыше 15 тысяч печатных единиц. За прошедший год было получено 566 названий периодических изданий. В порядке обмена поступило более 10 тысяч препринтов, 173 книги и 122 журнала.

Вся поступившая литература своевременно обрабатывалась и

отражалась в каталогах. На 31 декабря 1967 года библиотечный фонд насчитывал 249585 печатных единиц.

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

Библиографический отдел библиотеки ведет большую информационную работу. Два раза в месяц выпускается "Информационный бюллетень". Дополняются тематические картотеки по разделам теоретической и ядерной физики, а также картотека публикаций ученых Объединенного института. Подготовлен и издан "Указатель работ сотрудников ОИЯИ за 1966 год".

О Т Ч Е Т

о количестве препринтов, полученных ОИЯИ в 1967 году

	Библиотечные	Личные	Оттиски	Всего
СССР	833	-	-	833
Венгрия	58	1	24	83
ГДР	41	24	14	79
Польша	296	27	7	330
Румыния	19	-	-	19
Чехословакия	55	5	2	62
Югославия	35	3	92	130
Австралия	5	6	-	11
Австрия	5	13	-	18
Бельгия	94	23	25	142
Бразилия	50	2	2	54
Великобритания	204	105	8	317
Голландия	6	1	9	16
Дания	57	43	90	190
Израиль	44	97	-	141
Индия	79	17	4	100
Ирландия	3	1	-	4
Италия	469	415	220	1104
Канада	38	17	23	78

1	2	3	4	5
Норвегия	13	2	-	15
Пакистан	9	-	2	11
США	1050	1333	135	2518
Финляндия	81	7	19	107
Франция	407	145	38	590
ФРГ	260	121	146	527
Швейцария	1065	1602	-	2667
Швеция	55	15	-	70
Япония	307	85	2	394
прочие страны	35	18	-	53
Всего	5673	4128	862	10663

С В Е Д Е Н И Я

о журналах, полученных ОИЯИ по обмену в 1967 году

1. СССР	-	24 названия
2. Болгария	-	5 названий
3. Венгрия	-	5 названий
4. Польша	-	8 названий
5. Румыния	-	8 названий
6. Югославия	-	5 названий
7. Австрия	-	5 названий
8. Америка	-	3 названия
9. Аргентина	-	1 название
10. Бельгия	-	1 название
11. Индия	-	1 название
12. Италия	-	1 название
13. Пакистан	-	1 название
14. Финляндия	-	1 название
15. Франция	-	1 название
16. Япония	-	3 названия
Всего:	-	73 названия

**Изобретательство,
рационализация
и патентная служба**

В 1967 году сотрудниками Объединенного института ядерных исследований подана 61 заявка на предполагаемые изобретения и получено 18 положительных решений.

Всего (1956-1967 годы) в институте сделано 127 изобретений, из которых внедрено 47. Зарегистрировано 4 открытия.

В прошедшем году внедрено 322 рационализаторских предложения и 13 изобретений, при этом внедрение 14 рационализаторских предложений дало экономический эффект в сумме 25 тыс.руб.

Патентный фонд ОИЯИ составляет 66625 единиц, в том числе:

а) описаний изобретений	-	21875,
б) карточек патентов	-	44750.

В Объединенном институте зарегистрировано свыше 1300 рационализаторов и 150 изобретателей.

Административно- хозяйственная деятельность

Административно-хозяйственная деятельность института была направлена на выполнение задач, поставленных Ученым советом и Комитетом полномочных представителей института.

Ниже приводятся основные, определяющие показатели административно-хозяйственной деятельности ОИЯИ в 1967 году.

Кадры

На 31 декабря 1967 года в Объединенном институте ядерных исследований работало 4685 человек, в том числе в лабораториях и управлении Объединенного института 3306, в производственных и других подразделениях - 1379.

Распределение сотрудников ОИЯИ по категориям показывает следующая таблица:

Категория работников	Численность		
	В лабораториях и управлении	В производств. подразделениях и др.	Всего
Научные сотрудники	550	28	578
Инженеры	686	89	775
Техники и мастера	330	101	431
Рабочие	1300	975	2275
Младший обслужива- ющий персонал	137	90	227
Служащие	223	77	300
Ученики	80	19	99
Всего:	3306	1379	4685

Число работающих в Дубне специалистов из стран-участниц ОИЯИ (кроме СССР) составляло 318, среди них: 202 – научные сотрудники, 57 – инженеры, 59 – техники, лаборанты и служащие.

В Объединенном институте ядерных исследований работают:

3 академика (Н.Н.Боголюбов, М.А.Марков, Б.М.Понтекорво);

5 членов-корреспондентов АН СССР (Д.И.Блохинцев, В.П.Джелепов, М.Г.Мешеряков, Г.Н.Флеров, И.М.Франк);

40 докторов наук;

202 кандидата наук.

В течение 1967 года в Объединенный институт ядерных исследований принято на работу 479 человек, в том числе 347 советских сотрудников и 132 специалиста из других стран-участниц института. Из числа приня-
тых

научных сотрудников	-	106
инженеров	-	79
техников и мастеров	-	24
рабочих	-	183
учеников	-	47
младшего обслуживающего персонала	-	19
служащих	-	21

Уволено из института за тот же период в связи с окончанием срока работы и по другим причинам 324 человека.

В течение года учеными советами и научно-техническими советами

лабораторий избраны на должности на новые сроки 72 научных сотрудника. Присвоены ученые звания младшего научного сотрудника 34 и звание старшего научного сотрудника 8 физикам.

В 1967 году 35 сотрудников СИЯИ защитили кандидатские диссертации и 5 - докторские.

В Объединенном институте в течение года работало 15 национальных научных групп из стран-участниц (кроме СССР), в том числе: из НРБ 2 группы, из ГДР 3 группы, из ДРЗ 1 группа, из ПНР 6 групп, из ЧССР 3 группы.

Финансовая деятельность

Для проведения научно-исследовательских работ и капитального строительства научно-исследовательских и других объектов Комитет полномочных представителей государств-членов Объединенного института ядерных исследований утвердил на 1967 год бюджет института в сумме 24401,4 тыс. рублей.

Фактические расходы за 1967 год составили 22097,0 тыс. рублей (или 90,6% по отношению к годовым ассигнованиям), которые по разделам бюджета распределялись следующим образом:

Наименование разделов бюджета	Годовые ассигнования	Фактические расходы	В %% к плану
Раздел I На научно-исследовательскую деятельность и хозяйственные нужды	14527,7	13706,0	94,5
Раздел II Капитальные затраты на приобретение оборудования, требуемого для проведения научно-исследовательских работ	1873,7	1619,0	86,4
Раздел III На капитальное строительство научно-исследовательских и других объектов	8000,0	6772,0	84,7
Итого:	24401,4	22097,0	90,6

В институте продолжалась работа по выявлению ненужных и излишних материальных ценностей (аппаратуры, оборудования, приборов и др.) и их реализации на сторону. В результате проведенных мероприятий реализовано материалов и оборудования на сумму 392,0 тыс. рублей.

Капитальное строительство

Затраты по плану капитального строительства на 1967 год предусматривались в размере 8000 тыс. рублей, фактические затраты составили 6772,0 тыс. рублей, или 84,7%. По отдельным статьям капитального строительства выполнение плана характеризуется следующими цифрами:

Структура капитальных вложений	План	Фактически выполнено	% выполнения
Всего капитальных вложений	8000,0	6772,0	84,7
В том числе:			
1. Строительно-монтажные работы	1378,0	1188,0	86,2
2. Оборудование и монтаж	4772,0	5301,0	111,1
3. Проектно-изыскательские работы и прочие затраты	1850,0	283,0	15,3
4. Ввод основных фондов	4595,3	5784,6	125,9

Недовыполнение плана капитального строительства объясняется в основном отставанием проектных работ.

В отчетном году введены в эксплуатацию объекты и оборудование на сумму 5784,6 тыс. рублей, в том числе наиболее крупные объекты:

1. Сдана под наладочные работы машина БЭСМ-6 в ЛВТА, машина БЭСМ-4 сдана в эксплуатацию.

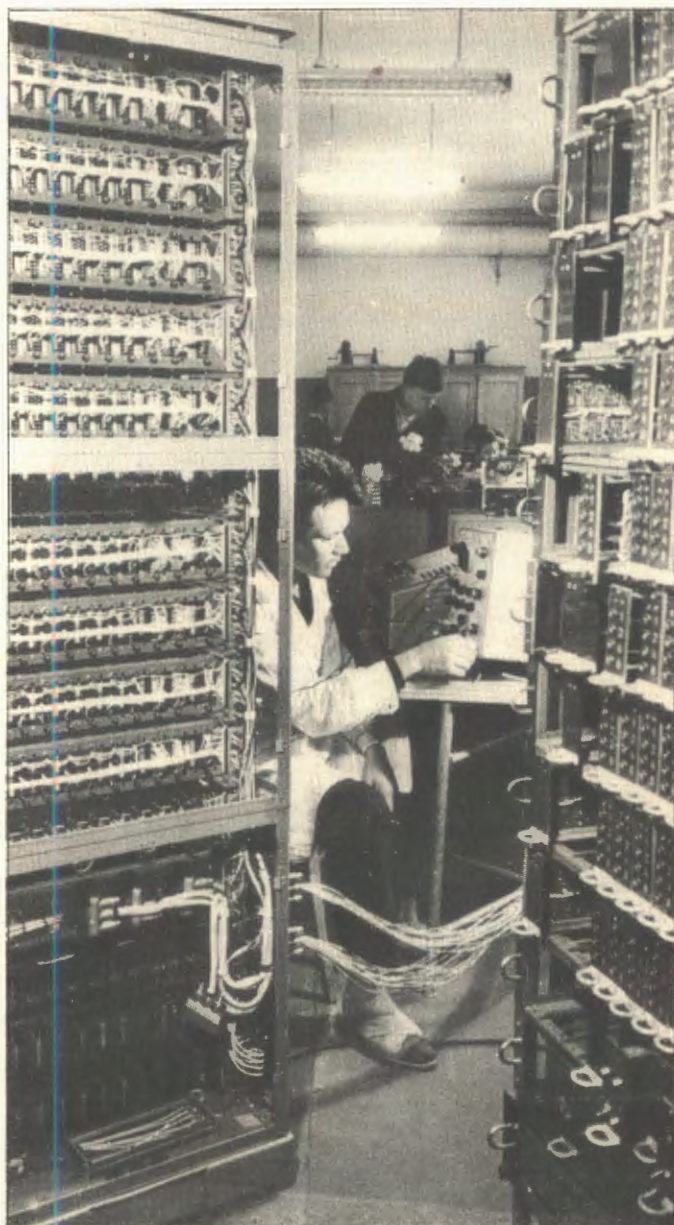
2. Введен в эксплуатацию 201 корпус в ЛВЭ.

3. Закончен газопровод природного газа к котельной института. Кроме того, выполнен большой объем работ по подготовке экспериментального оборудования для работы на ускорителе 70 ГэВ в ИФВЭ и введен ряд других объектов.

Производственные подразделения института

Производственно-финансовая деятельность производственных подразделений за 1967 год характеризуется следующими основными показателями:

Рис.134. Радиомонтажный участок Централных экспериментальных мастерских.



Показатели	План	Фактически выполнено	%% выполнения
1. Объем готовой продукции, выполненных работ и оказанных услуг, в тыс.рублей	4831	4874	100,9
2. Результат деятельности (прибыль), в тыс.рублей, в %% к выполненному объему	436,4 9,03	617,8 12,67	141,5
3. Затраты на 1 рубль реализованной продукции, в копейках	0-90,7	0-87,4	

1	2	3	4
4. Среднесписочная численность работающих	1222	1154	94,5
5. Выработка на одного работающего, в рублях	3953	4223	106,8

Дирекция института на протяжении года проводила работу по совершенствованию производства, изысканию путей повышения производительности труда и рентабельности производственных подразделений. В результате этого все основные технико-экономические показатели производственными подразделениями выполнены.

Охрана труда, техника безопасности и производственная санитария

В 1967 году был проведен ряд организационно-технических мероприятий, направленных на улучшение условий труда и безопасности работ. Дирекцией запланированы и проведены мероприятия по охране труда, технике безопасности и производственной санитарии.

На выполнение мероприятий израсходовано 34740 рублей, в том числе:

- а) на технику безопасности - 9520 рублей
- б) на вентиляцию - 4100 рублей
- в) на санбытустройства и производственную санитарию - - 15380 рублей.

С 1 августа по 20 октября в Объединенном институте был организован и проведен общественный смотр состояния техники безопасности, охраны труда, производственной санитарии и противопожарной безопасности.

