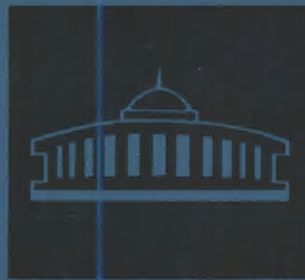


# ДУБНА · 1972

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ



JOINT INSTITUTE FOR NUCLEAR RESEARCH

# 1972 · DUBNA

С.ЗМ  
0-292

ОТЧЕТ  
О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

С.Ф. 3465

ЕЖЕГОДНОЕ ИЗДАНИЕ

Объединенный институт  
ядерных исследований  
БИБЛИОТЕКА

P-7136

Материалы подготовил к публикации В.А. Бирюков

Рукопись поступила в издательский отдел  
4 мая 1973 года.

# Оглавление

Цели и задачи Объединенного института ядерных исследований	4
Лаборатории и основные установки ОИЯИ	5
<b>Введение</b>	<b>6</b>
<b>Проблемный план ОИЯИ на 1972 год</b>	<b>16</b>
<b>Научно-исследовательские работы, выполненные лабораториями ОИЯИ в 1972 году</b>	
Лаборатория теоретической физики	20
Лаборатория высоких энергий	30
Лаборатория ядерных проблем	48
Лаборатория ядерных реакций	70
Лаборатория нейтронной физики	92
Лаборатория вычислительной техники и автоматизации	108
Отдел новых методов ускорения	118
<b>Руководящие и консультативные органы</b>	
<b>Международные связи</b>	
Деятельность руководящих и консультативных органов	128
Премии ОИЯИ за 1971 год	138
Международные связи и научное сотрудничество	140
<b>Научная информация</b>	
Издательский отдел	156
Научно-техническая библиотека	158
Изобретательство, рационализация и патентная служба	160
<b>Общественные службы</b>	
<b>Административно-хозяйственная деятельность</b>	
Отдел радиационной безопасности	164
Совет по радиоэлектронике	166
Административно-хозяйственная деятельность	168

# Цели и задачи Объединенного института ядерных исследований

Объединенный институт ядерных исследований имеет своей целью:

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

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

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

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

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

# Лаборатории и основные установки ОИЯИ

Лаборатория теоретической физики

Лаборатория высоких энергий  
Синхрофазотрон для ускорения протонов до энергии 10 Гэв

Лаборатория ядерных проблем  
Синхроциклотрон для ускорения протонов до энергии 680 Мэв

Лаборатория ядерных реакций  
Циклотроны для ускорения многозарядных ионов

Лаборатория нейтронной физики  
Импульсный реактор на быстрых нейтронах

Лаборатория вычислительной техники  
и автоматизации  
12 электронных вычислительных машин

Отдел новых методов ускорения

## Введение

В 1972 году ученые Объединенного института провели теоретические и экспериментальные исследования в широкой области физики элементарных частиц и ядерной физики, получили новые интересные научные результаты.

Завершен анализ данных, полученных на серпуховском ускорителе в большой серии экспериментов по изучению упругих взаимодействий протонов при энергиях 10-70 Гэв. Определены реальные части амплитуды и сечения  $pp$ - и  $pd$ -рассеяния, формфактор дейтрона и параметры  $pn$ -взаимодействия. Продолжаются исследования регенерации короткоживущих  $K^0$ -мезонов долгоживущими. Эксперименты ведутся с помощью большого искрового спектрометра на линии с ЭВМ, в качестве регенераторов использовались трехметровые мишени - жидководородная и жидкодейтериевая. В опытах с водородом установлено, что модуль амплитуды регенерации мезонов убывает с ростом энергии, а ее фаза остается постоянной; таким образом, в области 10-50 Гэв нарушений теоремы Померанчука не наблюдалось. Обработка экспериментальной информации, записанной на магнитную ленту в опытах с дейтерием, ведется как в Дубне, так и в институтах НРБ, ВНР, ГДР, ЧССР.

Завершено облучение двухметровой пропановой пузырьковой камеры пионами с импульсом 40 Гэв/с. Было получено около 300 тыс. снимков, затем камера была перевезена в Дубну. На основе этого материала учеными восьми стран-членов ОИЯИ ведется изучение, по согласованной программе, множественного образования частиц при взаимодействии  $\pi^-$ -мезонов с протонами, нейтронами, ядрами углерода, а также процессов с участием  $\gamma$ -квантов.

В экспериментах по поиску монополя Дирака установлено, что сечение рождения монополей протонами 70 Гэв на



*Интернациональный коллектив ОИЯИ широко отметил 50-летний юбилей образования Союза Советских Социалистических Республик. Ученые института много сделали для подготовки кадров специалистов и развития исследовательских центров в союзных республиках СССР. Постановлением ЦК КПСС, Президиума Верховного Совета и Совета Министров СССР, а также ВЦСПС Объединенный институт был награжден юбилейным Почетным знаком в честь 50-летия образования СССР.*





нуклонах ядер кислорода и кремния не превосходит  $10^{-40}$  см<sup>2</sup> /для монополей с массами 3-5,5  $m_p$  и магнитными зарядами от 40  $e$  до 137  $e$ /. Начались исследования поляризации и поворота спина в  $\pi^-p$ -рассеянии при 40 Гэв, в изготовлении сложной экспериментальной установки участвовали физики ОИЯИ, а также ИФВЭ, ИТЭФ /СССР/ и Сакле /Франция/. Максимальное значение величины поляризации, по результатам проведенных измерений, составляет 6%.

Теоретиками института на основе аксиом квантовой теории поля разработан аппарат, который позволяет провести строгое исследование методов, использующих представление об автомодельном характере асимптотического поведения формфакторов процессов слабого и электромагнитного взаимодействий адронов при высоких энергиях. Эти результаты важны для интерпретации экспериментальных данных о глубоко неупругом взаимодействии электронов и нейтрино с нуклонами.

Выяснена важная роль масштабных преобразований и анализа размерностей для физики высоких энергий, и получены новые следствия гипотезы автомодельности в сильных, слабых и электромагнитных взаимодействиях. Показано, что степенные асимптотики для функций Грина и предельные выражения масштабно-инвариантного типа для высших функций Грина являются следствием предположения о конечности перенормировок констант связи. Доказана унитарность  $S$ -матрицы в нелокальной квантовой теории скалярного поля.

Предложен новый подход к изучению структуры высоковозбужденных состояний атомных ядер. Проанализированы малоквазичастичные и многоквазичастичные компоненты нейтронных резонансов. Вычислен магнитный момент высоковозбужденного состояния атомного ядра

и показано, что магнитные моменты нейтронных резонансов по порядку величины должны быть равны моментам в одночастичных состояниях.

Рассмотрены прямые реакции со сложными ядрами с учетом каналов возбуждения низколежащих коллективных уровней и канала развала одного из ядер. Рассчитаны формфакторы в реакции срыва на сферических и деформированных ядрах с учетом связи каналов. На основе теории ангармонических кристаллов исследованы магнитные возбуждения в ферромагнетике, упругие свойства и устойчивость сильно ангармонических кристаллов.

На синхрофазотроне ОИЯИ закончено исследование взаимодействия дейтронов с импульсом 2,5 Гэв/с с ядрами фотоэмульсии. Для среднего ядра эмульсии полное сечение взаимодействия составляет  $1425 \pm 110$  мбарн, измерены упругое и неупругое сечения, а также сечение стриппинга. Продолжалась работа со снимками с метровой водородной камеры, облученной дейтронами с импульсом 3,3 Гэв/с. Оценены сечения ряда процессов. С помощью этой камеры ведется также исследование  $\pi^-p$ -взаимодействия при импульсе 5 Гэв/с, для двух-, четырех- и шестилучевых событий определены сечения каналов реакций и сечения образования некоторых резонансов. Обработка материала ведется в Дубне и в ряде лабораторий стран-участниц. С целью изучения электромагнитных свойств  $K^0$ -мезонов метровая стримерная камера была облучена в пучке каонов синхрофазотрона. На 150 тыс. снимков найдено 20 тыс. распадов  $K^0$ -мезонов, среди них 100 редких распадов с парой Далитца.

В экспериментах с метровой пропановой камерой, облученной на синхрофазотроне пучком пионов с импульсом 5 Гэв/с, выделены каналы большой группы редких процессов совместного рожде-

ния странных частиц и нейтральных мезонов и определены их сечения. С помощью *LPS*-анализа установлены основные характеристики реакции  $\pi^- p \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^- n$ . Работы ведутся с участием физиков Грузии и Чехословакии.

На синхротронном ускорителе завершено исследование по определению вероятности одного из фундаментальных процессов слабого взаимодействия - процесса  $\mu^- p \rightarrow n \nu \mu$ , происходящего в газообразном водороде. Измеренная скорость процесса составляет  $R = 686 \pm 88 \text{ сек}^{-1}$ , что удовлетворительно согласуется с предсказаниями теории универсального четырехфермионного слабого взаимодействия. В опытах по изучению реакции обратного электророжения пионов  $\pi^- p \rightarrow n e^+ e^-$  получены данные об изовекторном формфакторе нуклона во времени-подобной области переданного импульса и о формфакторе пиона при малых значениях аргумента. При поиске распада  $\mu^+ \rightarrow e^+ e^- e^+$ , запрещенного законом сохранения лептонного заряда, установлено, что относительная вероятность этого процесса  $R \leq 3,2 \cdot 10^{-9}$  /на уровне достоверности 90%/. При энергии 630 МэВ измерено дифференциальное сечение  $pp$ -рассеяния в области малых углов. Установлены деструктивный характер кулон-ядерной интерференции в этом процессе и соответствие, в отличие от результатов других авторов, амплитуды рассеяния вперед предсказаниям теории дисперсионных соотношений. На спектрометре со стримерной камерой высокого давления исследовалось упругое рассеяние пионов гелием-3. Такая методика применена впервые.

Получены дифференциальные сечения упругого рассеяния  $\pi^\pm$ -мезонов с энергией 100 МэВ. Полные сечения процессов равны  $\sigma(\pi^+ He^3) = 43,6 \pm 1,8 \text{ мбарн}$  и  $\sigma(\pi^- He^3) = 31,0 \pm 1,3 \text{ мбарн}$ . Кроме того, обнаружен резонансный характер

энергетической зависимости фаз упругого  $\pi He^4$ -рассеяния. В этих работах принимали участие румынские и итальянские физики.

Ряд новых результатов получен в исследованиях короткоживущих изотопов, удаленных от полосы стабильности, при этом были изучены спектры  $\gamma$ -лучей,  $\gamma\gamma$ -совпадений и конверсионных электронов. Открыт изотоп  $^{72}Rb$ . Успешно продолжались работы нового направления - мезохимические исследования.

Ускорение ионов ксенона с помощью системы тандем-циклотронов позволило начать детальное изучение процесса деления тяжелых ядер, образующихся в реакциях с ксеноном. Получены данные о сечениях взаимодействий и энергии возбуждения для различных ядер. Эксперименты с цинком, танталом, висмутом и ураном показали перспективность использования процесса деления как метода синтеза сверхтяжелых ядер. В исследованиях реакции  $U + Xe$  произведена оценка верхней границы сечения образования сверхтяжелых ядер ( $109 \leq Z \leq 115$ ) с периодом полураспада в области от 1 до 100 дней:  $\sigma_{sf} \leq 10^{-33} \text{ см}^2$ . В проведенных экспериментах использовалась разработанная в Дубне методика, позволяющая, наряду с идентификацией акта спонтанного деления, измерять полную кинетическую энергию осколков деления и среднее число нейтронов на акт деления. Продолжался поиск сверхтяжелых элементов в природе. С помощью нейтронного детектора, установленного в соляной шахте, проводилась регистрация нейтронов спонтанного деления для метеоритов, имеющих избыточное содержание ксенона.

В работах по изучению свойств нейтроноизбыточных изотопов легких элементов определены неизвестные ранее массы кислорода-21 и кислорода-22. С помощью электромагнитного масс-се-

паратора на пучке тяжелых ионов измерены основные характеристики распада ядра фтора-22. Завершена обработка данных в опытах по определению методом "эффекта теней" времени жизни составных ядер, образующихся при облучении монокристаллических мишеней из тантала-181 и вольфрама-186 различными тяжелыми ионами. Методом доплеровского смещения на ядрах отдачи получены новые экспериментальные данные о времени жизни уровней изотопов иттербия. Большая серия опытов была связана с изучением структуры короткоживущих изотопов и изомеров ядер, удаленных от полосы бета-стабильности.

Для работ на ИБРе-30 проведены усовершенствования методики исследований с поляризованными ядерными мишенями и поляризованными нейтронными пучками. На пучке реактора установлен рефрижератор, в котором используется растворение жидкого гелия-3 в жидком гелии-4 и который обеспечивает охлаждение мишени до температуры  $0,02^\circ\text{K}$ .

С помощью этой установки осуществлены первые измерения магнитных моментов компаунд-состояний ядра эрбия, возбуждаемых при захвате нейтрона. Продолжались работы по оптимизации каналов и поиску перспективных замедлителей /конверторов/ ультрахолодных нейтронов. В этих экспериментах достигнуто время хранения нейтронов в замкнутой полости /стеклянном сосуде/ 100 сек.

Новые опыты по рассеянию нейтронов выполнены методом времени пролета с улучшенным разрешением, при этом аномально большая асимметрия углового распределения подтверждена для лантана и обнаружена еще в одном ядре - празеодима. В исследованиях альфа-распада резонансных состояний ядер измерены спектры альфа-частиц в двухступенчатой  $(n, \alpha)$ -реакции на ядре неодима. Реакция  $(n, \alpha)$  обнаружена в ряде резо-

нансов европия и гадолиния. Завершены исследования кондо-состояния в разбавленном магнитном сплаве алюминия с марганцем, подтвердившие в нейтронных экспериментах существование этого состояния.

С помощью электростатического генератора исследована ядерная реакция, вызываемая протонами на ядре бора-11, с выходом альфа-частиц.

В прошедшем году в Объединенном институте выполнена большая программа работ по совершенствованию действующих и строительству новых базовых установок, а также по созданию крупной физической аппаратуры. Продолжалось проектирование, размещение заказов на оборудование, макетные испытания отдельных узлов и строительство зданий комплекса нового мощного импульсного реактора ИБР-2. Ведется подготовка к физическим экспериментам на строящемся реакторе. Важным этапом модернизации синхрофазотрона явилось осуществление медленного вывода пучка ускоренных протонов из камеры ускорителя. Вывод производится за время около 400 мсек с эффективностью более 90%, пучок транспортируется с помощью специального канала в измерительный павильон. Выполнен большой комплекс работ в связи с подготовкой к реконструкции синхроциклотрона в сильноточный фазотрон. Закончена намотка основных катушек возбуждения электромагнита, велось строительство нового измерительного корпуса. Технические усовершенствования системы тандем-циклотронов позволили повысить более чем в 100 раз интенсивность пучка ионов ксенона, средняя интенсивность при этом составляет  $2,5 \cdot 10^{10}$  част/сек. Достигнутая конечная энергия ионов ксенона 900 Мэв значительно превышает кулоновский барьер самых тяжелых ядер.

КОМИТЕТ ПОЛНОМОЧНЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ

Академик Х.Христов (Народная Республика Болгария)  
 Профессор П.Теген (Венгерская Народная Республика)  
 Профессор Ле Ван Тхыем (Демократическая Республика Вьетнам)  
 Доктор Ф.Гильберт (Германская Демократическая Республика)  
 Тен Дон Тхыч (Корейская Народно-Демократическая Республика)

Профессор Д.Шевелд (Монгольская Народная Республика)  
 Профессор С.Анжеевский (Польская Народная Республика)  
 Профессор И.Урсу (Социалистическая Республика Румыния)  
 А.М.Петросьян (Союз Советских Социалистических Республик)  
 Академик Я.Козешик (Чехословацкая Социалистическая Республика)

финансовый комитет  
 По одному представителю от  
 каждой страны-участницы  
 ОИЯИ

УЧЕНЫЙ СОВЕТ ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Председатель - академик Н.Н.Боголюбов  
 профессор А.Михул  
 профессор Н.Солюм

Ученый секретарь - кандидат физико-математических наук Ю.А.Шербаков

Народная Республика Болгария	Венгерская Народная Республика	Демократическая Республика Вьетнам	Германская Демократическая Республика	Корейская Народно-Демократическая Республика	Монгольская Народная Республика	Польская Народная Республика	Социалистическая Румыния	Союз Советских Социалистических Республик	Чехословацкая Социалистическая Республика
академик Г.Наджаков академик Э.Джмаков академик Х.Христов	академик Л.Яноши академик А.Коця профессор Л.Пал	профессор Нгуен Ван Хьюеу	академик К.Ланкус профессор Г.Музволь профессор Г.Хебор	Ким Ген Чун	профессор Д.Чулгэм	профессор А.Хрынкевич профессор Е.Яник профессор Р.Сосновски	академик Ш.Динейка доктор Д.Барб кандидат технических наук П.Драгическу	академик Г.Н.Флеров академик А.А.Логунов В.П.Джеленов	профессор Ч.Шимане профессор Ю.Дубински доктор Я.Прохаска

Ученый совет по физике высоких энергий  
 Председатель - профессор А.Михул  
 Ученый секретарь - кандидат физико-математических наук М.Г.Шафранова

Ученый совет по теоретической физике  
 Председатель - профессор Д.И.Блохинцев  
 Ученый секретарь - доктор физико-математических наук В.М.Барбашов

Ученый совет по физике низких энергий  
 Председатель - профессор Н.Солюм  
 Ученый секретарь - кандидат физико-математических наук Ю.П.Попов

Камерный комитет  
 Председатель - кандидат физико-математических наук З.Новак

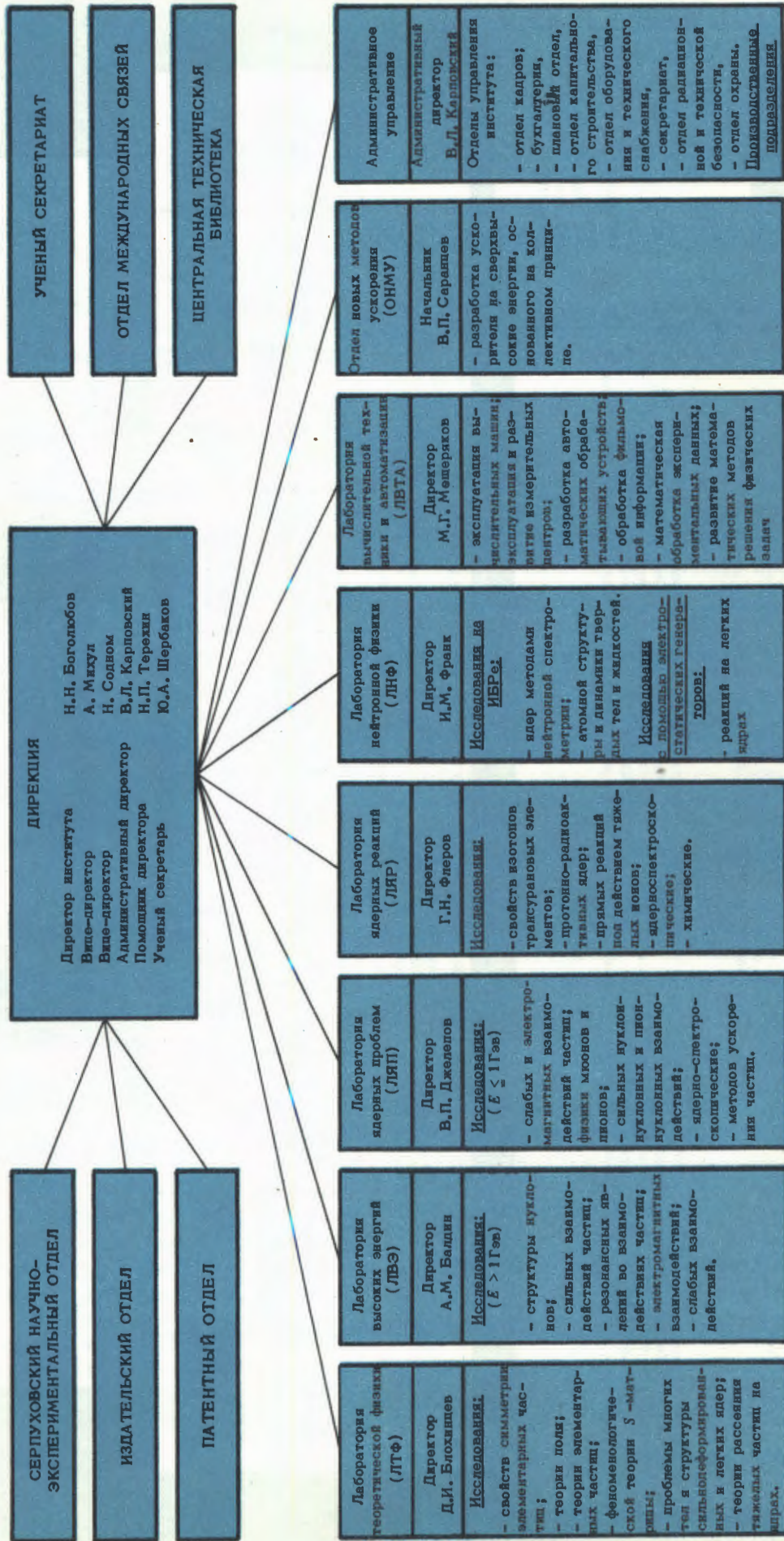
Комитет по электронным экспериментам  
 Председатель - профессор Д.Кши

Фотоэмульсионный комитет  
 Председатель - профессор Й.Тучек

Комитет по нейтронной физике  
 Председатель - профессор Е.Яник

Комитет по ядерной физике  
 Председатель - профессор Я.Желач

**СТРУКТУРА**  
**ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**



Продолжались исследования на модели коллективного ускорителя. Завершена наладка ускоряющей секции модели, состоящей из четырех теплых резонаторов, на ней достигнут устойчивый режим работы. Созданы специальные системы диагностики заряженного кольца в линейном индукционном ускорителе, адгезаторе и ускоряющей секции.

Закончена проработка всех узлов ускорителя многозарядных ионов. Выполнен монтаж и наладка систем ускорителя СИЛУНД. Предложены различные конструктивные варианты адгезатора.

Для ускорения кольцевых сгустков разработаны ускоряющие секции из сверхпроводящих резонаторов и импульсных линий. Закончено изготовление узлов кольцетрона - сверхпроводящей секции из четырех резонаторов. Проведена гелиевая заливка системы, и начались физические исследования кольцетрона. Выполнен широкий круг теоретических исследований, связанных с изучением физических процессов при коллективном ускорении частиц, в том числе в ускорителе тяжелых ионов и при ускорении до высоких энергий.

Велась подготовка самой крупной физической установки института - двухметровой жидководородной камеры "Людмила" - к экспериментам на пучках 76 Гэв серпуховского ускорителя /ИФВЭ/. Производились пробные облучения камеры в пучке протонов, а также наладка канала для сепарации пучка антипротонов, направляемого на камеру. Большой объем работ был связан с подготовкой камеры к облучению гамма-квантами. Был осуществлен физический запуск другой крупной установки ОИЯИ - пятиметрового магнитного искрового спектрометра, смонтированного на пионном пучке ускорителя ИФВЭ. Для экспериментов с нейтральными К-мезонами здесь установлена созданная в Дубне

трехметровая жидкодейтериевая мишень.

Закончены стендовые испытания двухметровой стримерной камеры, создаваемой ОИЯИ в сотрудничестве с институтами СССР и ПНР. Камера установлена на выведенном из синхрофазотрона пучке протонов, получены первые снимки следов ядерных событий в ее магнитном поле. В экспериментах на синхроциклотроне впервые использовалась стримерная камера высокого давления, наполненная изотопом гелия-3. Создан новый детектор частиц - кристаллический нитяной пропорциональный счетчик с твердым аргонном или ксеноном в качестве рабочего вещества.

Центральный вычислительный комплекс института пополнился новой электронной вычислительной машиной CDC-6200, для ее эффективного использования библиотека стандартных программ, созданная ранее для БЭСМ-6, переведена на новую машину. Завершены работы по объединению в единую систему БЭСМ-6 центрального комплекса и машин лабораторных центров "Минск-2" /ЛЯП/, БЭСМ-4 /ЛНФ/, ТРА 1001 /ЛНФ/ и ТРА-1001 /ЛВЭ/. Закончено создание системы математического обеспечения обмена информацией по линиям связи комплекса.

Изготовлены и собраны оптико-механическая и электронная части головного образца "Спирального измерителя" - автомата для обработки снимков с пузырьковых камер. Ведется комплексная наладка прибора.

В эксплуатацию сданы два просмотрных стола БПС-1, изготовленных в Дубне, и два просмотрно-измерительных стола САМЕТ чехословацкого производства. Закончена разработка графического дисплея на запоминающей трубке ТЕТРОНИКС, дисплей подключается к ЭВМ "Параметр". Создан комплекс дисплейных подпрограмм общего назначения.

Ряд работ был связан с математическим обеспечением экспериментов с бесфильмовыми искровыми камерами на ускорителях ЛВЭ ОИЯИ и ИФВЭ /Серпухов/, программного управления системой медленного вывода протонов из синхрофазотрона и др.

Научная деятельность института велась на основе широкого международного сотрудничества. Лаборатории ОИЯИ выполняли около 270 физических и методических работ совместно с национальными организациями стран-членов. В связи с проведением этих работ в Дубне побывало около 400 специалистов. Около 300 человек приезжали на конференции и совещания, организованные ОИЯИ.

По приглашению ГКАЭ СССР группа ученых из ОИЯИ приняла участие в экс-

периментах по изучению упругого  $pp$ -рассеяния на крупнейшем в настоящее время ускорителе 300 Гэв в Батавии. Опыты поставлены на внутреннем пучке ускорителя с использованием сверхзвуковой струйной водородной мишени, разработанной и сделанной в Дубне. Эти работы проводятся в рамках научного сотрудничества СССР - США.

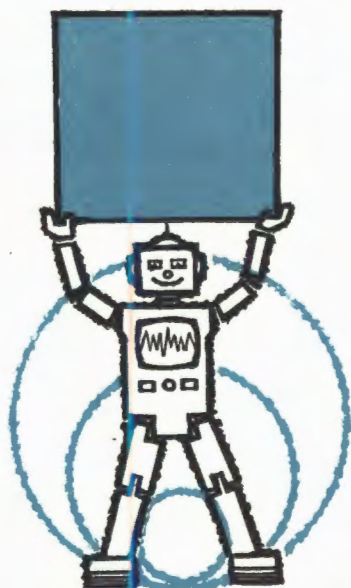
В 1972 году Объединенный институт был организатором 12 научных совещаний, в том числе II симпозиума по физике высоких энергий в Чехословакии, Симпозиума по теории элементарных частиц в ГДР, Школы по структуре ядра в СССР /Алушта/, Симпозиума по коллективным методам ускорения в Дубне, рабочих совещаний в Дубне, Варшаве, Тбилиси и др.

*Н. Боголюбов*

Н.Н. Боголюбов,

директор Объединенного института  
ядерных исследований

Проблемный план  
Объединенного  
института  
ядерных исследований  
на 1972 год





# Проблемный план Объединенного института ядерных исследований на 1972 год

Научно-исследовательская, методическая и научно-организационная деятельность Объединенного института ядерных исследований в 1972 году проводилась в соответствии с планами, утвержденными Ученым советом ОИЯИ на его XXXI сессии:

- планами научно-исследовательских и методических работ лабораторий;
- планами сотрудничества и совместных работ, осуществляемых 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 теоретической физики

1. Развитие фундаментальных исследований в области квантовой теории поля и элементарных частиц.
2. Развитие теоретической ядерной физики и теории твердого тела.

## Лаборатория высоких энергий

1. Проведение научных исследований на ускорителе в ИФВЭ.
2. Выполнение цикла работ в области физики элементарных частиц и релятивистской ядерной физики на синхрофазотроне. В том числе исследование:
  - электромагнитных взаимодействий адронов, радиационных распадов резонансов, зависимости матричных элементов электромагнитных адронных процессов от массы виртуального фотона;

- взаимодействий дейтрон - нуклон, дейтрон - дейтрон, дейтрон - ядро;

- больших передач импульсов при столкновении релятивистских ядер, в особенности ядерного кумулятивного эффекта.

3. Доведение интенсивности ускоренных на синхрофазотроне протонов до  $10^{12}$  частиц в импульсе.

4. Введение в эксплуатацию систем медленного вывода ускоренных частиц.

5. Ускорение альфа-частиц и других легких ядер.

### Лаборатория ядерных проблем

1. Завершение на ускорителе ИФВЭ экспериментов по поиску монополя Дирака и новых тяжелых частиц и развертывание /совместно с Сакле и ИФВЭ/ эксперимента по изучению поляризации в  $\pi p$ -рассеянии.

2. Изучение структуры элементарных частиц методами рассеяния частиц и исследование редких распадов мезонов; исследование кластерной структуры ядер.

3. Работы по программе ЯСНАПП; изучение изомерии формы ядер.

4. Эксперименты по захвату мюонов протонами и ядрами, исследования по мезохимии.

5. Монтаж МИС на пучке ускорителя ИФВЭ, отладка всех узлов и физический пуск МИС.

6. Развитие лабораторного центра накопления и обработки информации на базе малых ЭВМ и, в первую очередь, ввод в эксплуатацию дополнительного оборудования к ЭВМ "Хьюллет-Паккард 2116С". Разработка и создание новой электронной аппаратуры на интегральных схемах.

7. Разработка и создание /совместно с ИФВЭ ГАН и МИФИ/ комплекса аппаратуры для установки РИСК /на базе магнита МИС/ с целью ввода ее в действие в 1974 году в соответствии с планом работы МИС.

8. Продолжение исследований по моделированию установки "Ф" и по высокоточным протонным ускорителям.

9. Подготовка проектной документации для прототипа установки У-120М.

### Лаборатория ядерных реакций

1. Работы по синтезу и изучению физических и химических свойств сверхтяжелых элементов в предполагаемой области "стабильности" / $Z \geq 110$  и  $N \sim 184$ / в реакциях с ускоренными ионами ксенона.

2. Синтез спонтанно делящихся изотопов элементов  $106 \div 110$  в реакциях с тяжелыми ионами.

3. Поиск сверхтяжелых элементов в природе.

4. Работы по синтезу и изучению свойств ядер, удаленных от долины  $\beta$ -стабильности.

5. Отработка узлов ускорителя многозарядных ионов на базе коллективного метода ускорения. Создание электронного ускорителя СИЛУНД с большим числом посылок.

### Лаборатория нейтронной физики

1. Завершение основных проектно-конструкторских работ по реактору ИБР-2. Подготовка экспериментов и аппаратуры, развитие измерительно-вычислительного центра для этого реактора.

2. Изучение ядер с помощью нейтронов и заряженных частиц, изучение фундаментальных свойств нейтронов, эксперименты с ультрахолодными нейтронами.

3. Исследование конденсированных сред с помощью нейтронных пучков.

#### Лаборатория вычислительной техники и автоматизации

1. Продолжение работ по дальнейшему развитию системы имеющихся вычислительных машин и повышению ее производительности путем комплектования существующих машин новыми устройствами и приобретения ЭВМ CDC-6200.

2. Создание совместно с ОНМУ комплекса аппаратуры для автоматического управления коллективным ускорителем и устройствами регистрации излучений на его выходе.

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

4. Эффективное использование имеющихся автоматических сканирующих устройств НРД и АЭЛТ-1 для обработки снимков, получаемых на трековых камерах ОИЯИ.

5. Окончание разработки сканирующего устройства "Спиральный измеритель".

6. Продолжение разработки сканирующего устройства с управляемой при помощи ЭВМ электроннолучевой трубкой.

7. Дальнейшее развитие и повышение эффективности стандартных систем программ для обработки снимков с пузырьковых, искровых и стримерных камер.

8. Создание комплекса программ для обработки ядерно-спектрометрической информации.

9. Развитие математического обеспечения экспериментов по релятивистской ядерной физике.

10. Проведение теоретических исследований и расчетов, связанных с разработкой коллективного метода ускорения.

#### Отдел новых методов ускорения

1. Исследование на модели коллективного ускорителя варианта ускоряющей секции с теплыми резонаторами.

2. Технологический запуск криогенной ускоряющей секции.

3. Начало наладки ускорителя многозарядных ионов.

Научно-  
исследовательские  
работы,  
выполненные  
лабораториями ОИЯИ  
в 1972 году



# Лаборатория теоретической физики

## Структура теории поля

Важнейшие результаты были получены в работах, посвященных изучению автомодельной асимптотики в глубоко неупругих процессах рассеяния частиц на основе общих принципов квантовой теории поля. Новые физические идеи и изящный математический аппарат этих работ стимулировали исследования в указанной области.

Были рассмотрены классы стохастических пространств, которые можно ввести при исследовании нелинейных полей в случайной среде.

Продолжалось изучение вопросов квантования полей в общей теории относительности. Сформулированы правила квантования спинорного поля в римановых мирах, что открывает возможность учета влияния гравитации на поведение фермионов, доказана конформная инвариантность поведения нейтрино.

Рассмотрены глобальные свойства коллапсирующего вещества. Показана вероятность существования у черных дыр внешних нейтринных и массивных векторных /барионных/ полей.

Исследован вопрос о возможности получения в рамках обычной теории квантованных полей степенных асимптотик для функций Грина /"аномальные размерности"/ и предельных выражений масштабно-инвариантного типа /"скэйлин"/ для высших функций Грина. Путем решения функциональных уравнений ренормализационной группы показано, что такие асимптотики являются естественным следствием предположения о конечности перенормировок констант связи.

Доказана унитарность  $S$ -матрицы в нелокальной квантовой теории скаляр-

ного поля в каждом порядке теории возмущений. Выполнен ряд расчетов конкретных эффектов.

Продолжались исследования высокоэнергетического рассеяния адронов функциональными методами. Рассмотрены оптическая модель сильных взаимодействий и эйкональное приближение в теории рассеяния.

Были продолжены исследования квантовой теории поля, в основу которой положена гипотеза об искривлении пространства относительных импульсов. Развит формализм квантовой теории поля, в котором пространство относительных импульсов несет неевклидову геометрию, а суммарный вектор энергии-импульса является псевдоевклидовым. Построены трехмерные квазипотенциальные уравнения, отражающие новые геометрические свойства пространства относительных импульсов. Эти уравнения применялись в квазиклассическом приближении. В результате получено выражение для амплитуды рассеяния, которое может служить основой для феноменологического описания взаимодействия элементарных частиц при ультравысоких энергиях.

Установлено, что парафермионное квантование 3-го порядка является левой реализацией внутренней  $SU(3)$ -симметрии. Обсуждены особенности введения в рамках рассмотренной схемы сильных, электромагнитных и слабых взаимодействий.

Получено новое уравнение типа Дайсона для ядра уравнения Бете-Солпитера. Такое представление для ядра позволяет производить частичное суммирование неприводимых диаграмм, что необходимо при наличии связанных состояний в квантовой электродинамике. При этом упрощается расчет поправок к уровням энергии водородоподобных атомов.

## Свойства симметрии элементарных частиц

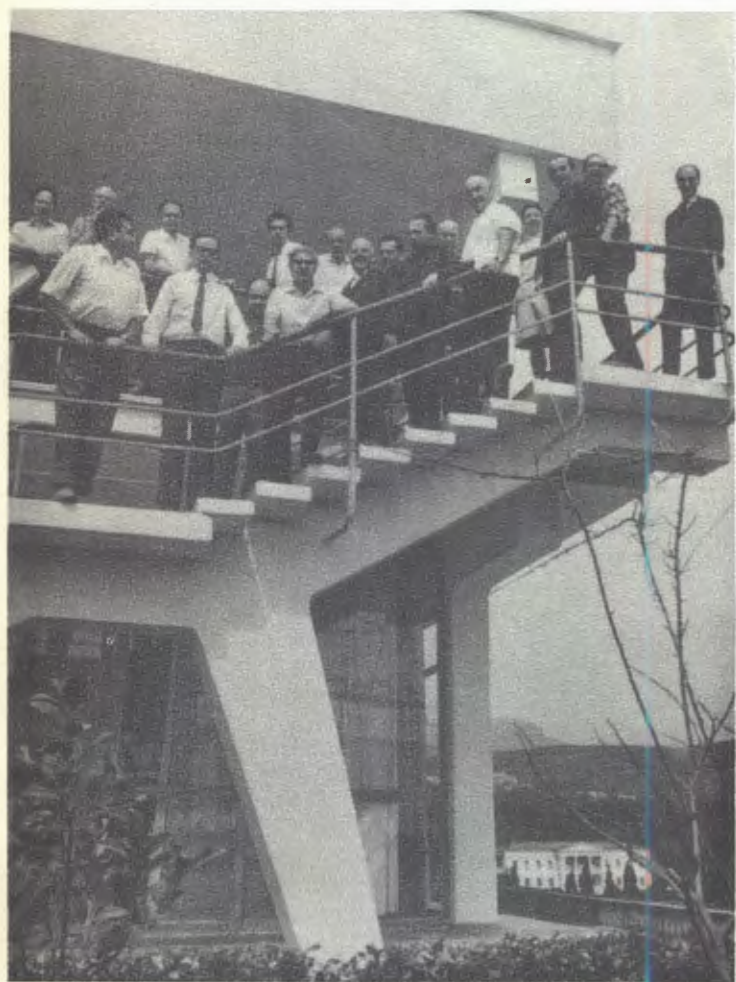
Указано, что если спин-четность  $X(960)$ -мезона есть 2 и он расположен на траектории Редже, то интерсект траектории Редже равен единице /как у полюса Померанчука/, эта траектория будет играть важную роль при сверхвысоких энергиях. Предложенная модель с участием траектории Редже естественным образом может объяснить излом в параметре наклона в упругом  $pp$ -рассеянии, наблюдавшийся недавно в известном эксперименте в ЦЕРНе.

Исследована нелинейная реализация аффинной группы  $GL(4)$  с линеаризацией на группе Лоренца. С использованием эллиптических координат на сфере выведены новые формулы для масс адронов в рамках нарушенной унитарной симметрии.

## Взаимодействие элементарных частиц

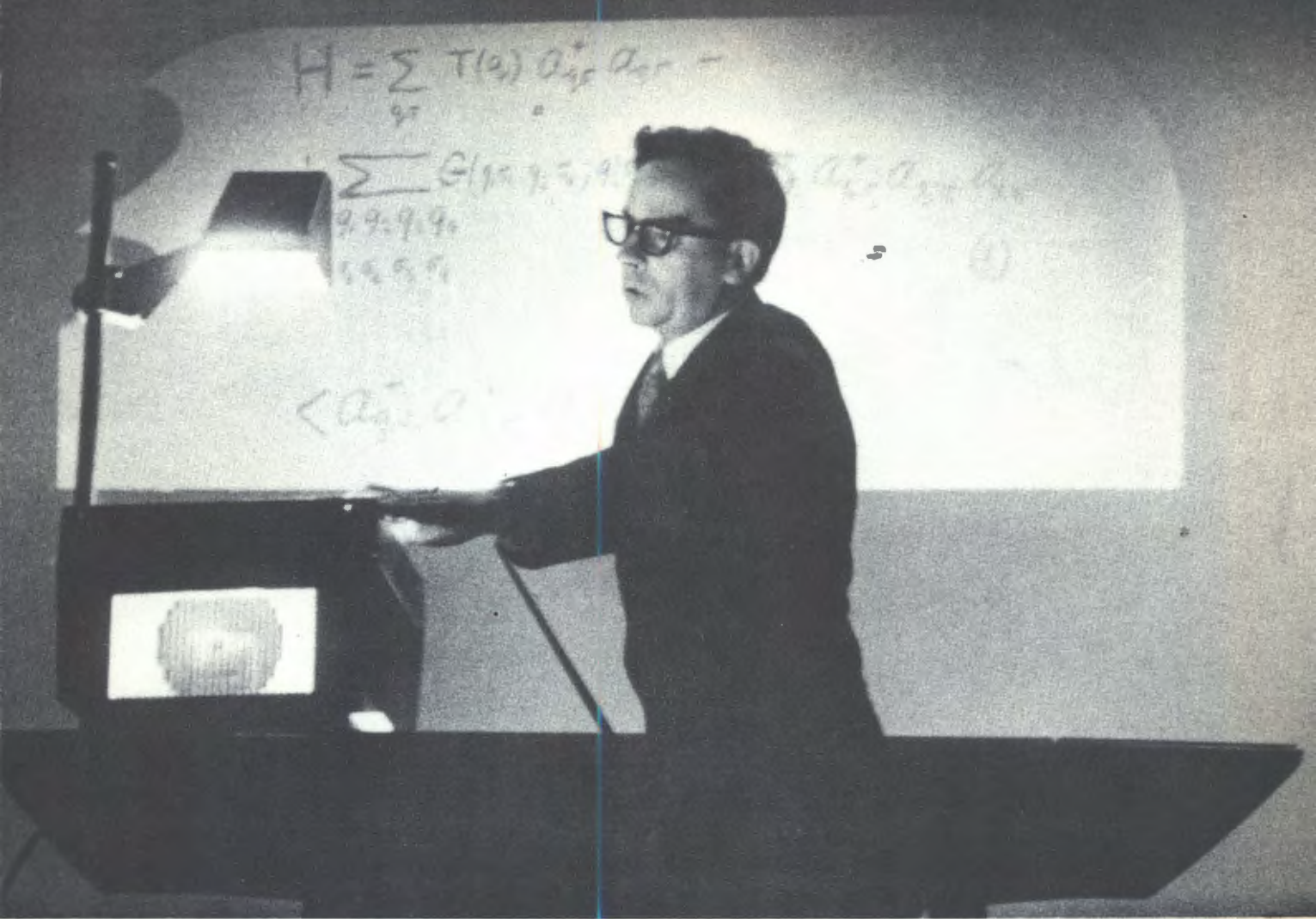
Продолжалось изучение статических моделей. Была дана динамическая интерпретация уравнений в фазовых пространствах, которая позволила с успехом применить математические методы динамических систем. Доказано существование решения с борновским членом при произвольных значениях констант связи.

Получили дальнейшее развитие исследования по автомодельному поведению процессов взаимодействия частиц при высоких энергиях. Изучены свойства причинности и автомодельные асимптотики инвариантных формфакторов виртуального комптон-эффекта на базе общих принципов квантовой теории поля. Показано, что на основе принципа автомодельности для сильных взаимодействий в сочетании с обобщенным анализом размерностей

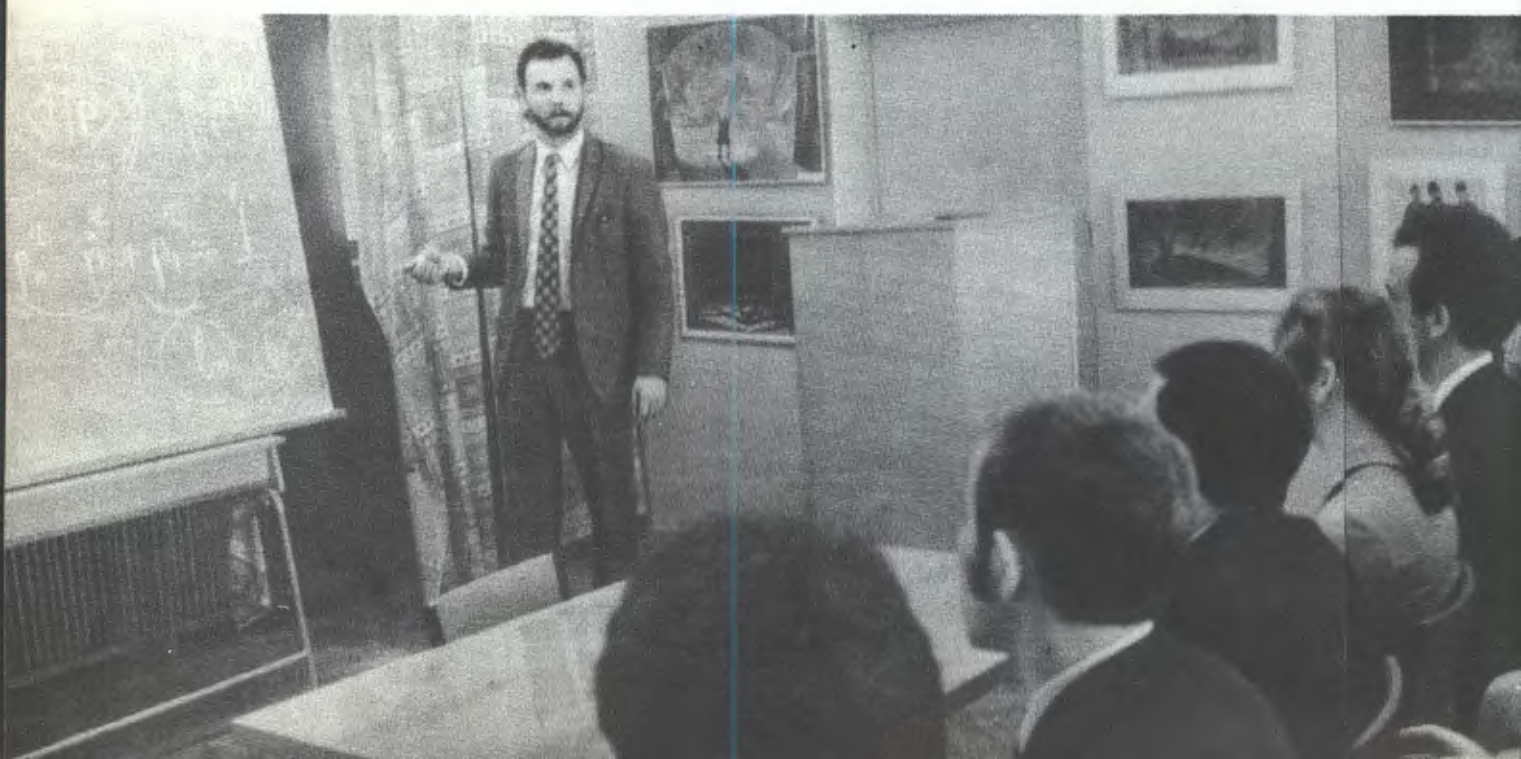


*В апреле 1972 года Объединенный институт организовал в Алуште Международную школу по структуре ядра. В работе школы приняло участие 160 человек. Лекции по актуальным вопросам теоретических и экспериментальных исследований структуры ядра прочли ведущие ученые ОИЯИ, СССР, ПНР, НРБ, ЦЕРНа, США, Дании, Югославии.*









Теоретики Дубны активно сотрудничают со своими коллегами в научных центрах Советского Союза. На снимке: старший научный сотрудник ЛТФ Р.Н.Фаустов беседует с теоретиками Ташкентского государственного университета.



Студенты и преподаватели Азербайджанского государственного университета приняли участие в семинаре по квантовой теории поля, который провел здесь старший научный сотрудник ЛТФ ОИЯИ доктор физико-математических наук В.Г.Кадышевский.



с двумя независимыми единицами длины - в продольном и поперечном направлениях по отношению к оси столкновения - могут быть получены основные результаты подходов Янга, Фейнмана и Мюллера к инклюзивным реакциям.

В сотрудничестве с Лабораторией вычислительной техники и автоматизации и Лабораторией ядерных проблем была проведена полная обработка мировых экспериментальных данных по упругому  $\pi\pi$ -рассеянию и  $\pi\pi$ -перезарядке при высоких энергиях  $10 \text{ Гэв/с} \leq P_L \leq 45 \text{ Гэв/с}$  на основе квазипотенциального метода в квантовой теории поля.

В сотрудничестве с Лабораторией высоких энергий было выполнено описание новых экспериментальных данных о зарядовых распределениях частиц в реакциях  $\pi^-p$ ,  $\pi^-n$  при  $P_L \approx 40 \text{ Гэв/с}$ , полученных на серпуховском ускорителе с помощью 2-метровой пузырьковой пропановой камеры.

На примере уравнений квазипотенциального типа было показано, что в случае несингулярного взаимодействия приближение прямолинейных путей дает точный результат для амплитуды рассеяния в области малых передач импульса и высоких энергий.

Продолжались исследования по квантовой теории поля в области высоких энергий на основе полного суммирования асимптотик диаграмм. Выяснено, что предположения, положенные в основу суммирования /в частности, конечность ренормировки заряда/, являются прямыми следствиями гипотезы масштабного /однородного/ поведения гриновских функций на малых расстояниях. Изучен ряд экспериментальных следствий.

Рассмотрены вопросы получения и проверки релятивистских правил сумм для сечения взаимодействия фотонов с лептонами.

Сформулирован новый алгоритм проверки факторизуемости двухчастичных распределений в инклюзивных адронных реакциях.

Совместно с физиками Лаборатории высоких энергий рассмотрено влияние фермиевского движения нуклонов в ядрах на сечение кумулятивного образования пионов при столкновениях релятивистских дейтронов с ядрами и показано, что модель импульсного приближения не может объяснить экспериментальные данные, полученные в ЛВЭ.

Установлено, что свойство дуальности амплитуды рассеяния является следствием определенной  $SL(2, R)$ -симметрии этой же амплитуды. Найдено представление группы  $SL(2, R)$  в пространстве когерентных состояний пятимерного осциллятора. Доказано, что дуальные преобразования принадлежат этому представлению. Построена трехреджонная вершина с использованием метода факторизации дуальных амплитуд с помощью конечного числа осцилляторов.

На основе трехмерной формулировки релятивистской задачи трех тел показано существование локального парного квазипотенциала, совпадающего с двухчастичным локальным квазипотенциалом.

Рассмотрен ряд редких распадов. Эти исследования выполнены в связи с новыми возможностями, открывающимися на сильноточных ускорителях. Наиболее интересным представляется процесс  $\pi^+ \rightarrow e^+ \nu \gamma$ . Измерение спектров позитронов /фотонов/ позволит осуществить ряд новых проверок современной теории слабых взаимодействий.

Совместно с экспериментаторами Лаборатории ядерных проблем выполнен анализ данных глубоконеупругого рассеяния. Установлены границы справедли-

ности масштабной инвариантности. Получена информация о структурных функциях.

Рассмотрено взаимодействие света со светом, подробно изучены реакции:  $\gamma\gamma \rightarrow \gamma\gamma$ ,  $\pi\pi$ ,  $KK$ , исследованы условия извлечения данных об этих процессах из реакций  $ee \rightarrow ee\gamma\gamma$ ,  $ee\pi\pi$ ,  $eeK\bar{K}$ . Результаты этих работ могут быть сравнены с экспериментальными данными. Методом дисперсионных соотношений проведен анализ всех существующих мировых данных по  $K\pi$ -рассеянию. Теоретические результаты хорошо подтверждаются экспериментальными данными. Методом дисперсионных соотношений изучен также процесс рассеяния  $\pi + {}^4\text{He} \rightarrow \pi + {}^4\text{He}$ . Проведено сравнение рассчитанной реальной части амплитуды рассеяния вперед с экспериментально полученными величинами.

С целью исследования современных моделей лептон-адронных взаимодействий при высоких энергиях были рассмотрены процессы  $\nu_\mu (\bar{\nu}_\mu) + N \rightarrow \mu^- (\mu^+) +$  адроны,  $e^\pm + e^\mp \rightarrow \gamma + \nu + e^\pm + e^\mp \rightarrow e^\pm + e^\mp +$  адроны,  $N + N(\pi) \rightarrow \mu^+ \mu^- +$  адроны и  $N + N(\pi) \rightarrow W^\pm +$  адроны.

Предложена простая партонная модель для описания рассеяния вперед виртуального фотона на виртуальном фотоне при больших значениях масс виртуальных фотонов и системы адронов. На основе свойства изоспиновой и унитарной симметрии выведен ряд неравенств для сечений рождения лептонных пар в адрон-адронных столкновениях.

Вычислены энергии связи мезомолекул водорода  $pp\mu$ ,  $dd\mu$ ,  $tt\mu$ ,  $pd\mu$ ,  $pt\mu$ ,  $dt\mu$  во всех известных состояниях. Обнаружено новое состояние в системе  $dd\mu$ . При этом совместно с Лабораторией вычислительной техники и автоматизации разработан новый эффективный метод решения задач на собственные значения.

## Ядерная проблема многих тел

Предложен приближенный метод рассмотрения самосогласованного поля ядра и его колебаний, не приводящий к нарушению законов сохранения углового момента и числа частиц. Развита модель, учитывающая ангармонические эффекты при описании парных вибрационных  $O^+$ -состояний в атомных ядрах. Показано, что одновременный учет парных сил и потенциала симметрии дает хорошее описание зависимости энергии этих состояний от изоспина. Завершены работы по ротонной теории вращения. Проведены исследования влияния спина в нечетных ядрах на заполнение квазичастичных уровней.

Разработан метод вычисления константы спаривательных взаимодействий в атомных ядрах, исходя из условия сохранения объема.

## Структура сложных ядер

В рамках полумикроскопического подхода продолжались исследования низколежащих состояний деформированных ядер. Изучено влияние изменения равновесной деформации возбужденных состояний ядра по сравнению с основным на энергию и структуру возбужденных состояний. Установлено, что для ряда состояний сильно деформированных ядер и для многих состояний ядер переходных областей этот эффект является существенным. Вычислены низколежащие неротационные состояния нескольких транскюриевых элементов.

Изучены эффекты ангармоничности в четных сферических ядрах. Завершены расчеты влияния ангармонических поправок на свойства нижайших  $2^+$ - и

$3^-$ -состояний в изотопах Sn и Te. Продолжались исследования взаимодействия квазичастиц с фононами в четных полумагических ядрах из области  $90 < A < 150$ : рассчитывались энергии и структура  $4^+$ - и  $5^-$ -состояний, вероятности электромагнитных переходов; начато исследование  $\beta$ -распада на эти состояния.

Предложен новый подход к изучению структуры высоковозбужденных состояний. Проанализированы величины мало-квазичастичных компонент нейтронных резонансов. Исследованы корреляции нейтронных, радиационных и  $\alpha$ -ширин в нейтронных резонансах. Рассмотрен вопрос о многоквазичастичных компонентах волновых функций нейтронных резонансов. Получено выражение для магнитного момента высоковозбужденного состояния атомного ядра и показано, что магнитные моменты нейтронных резонансов по порядку величины должны быть равны моментам в одночастичных состояниях. Эти исследования проводились в контакте с сотрудниками Лаборатории нейтронной физики. Развита модель для описания структуры высоковозбужденных состояний, основанная на учете взаимодействия квазичастиц с фононами. Рассчитанная плотность состояний деформированных ядер вблизи энергии связи нейтронов удовлетворительно согласуется с экспериментальными данными.

Продолжалась разработка неадиабатической модели вращательного движения в нечетных атомных ядрах. Исследованы спектры и электромагнитные моменты во вращательных полосах. Выполнен ряд расчетов для экспериментальных работ в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ и ЦИЯИ /Россендорф, ГДР/. Проведено изучение динамики вращательного движения в методе генераторов координат. В рамках микроскопического подхода

исследованы формфакторы для возбуждения  $0^+$ -состояний деформированных ядер в реакциях передачи двух нуклонов.

В бозонном приближении развит метод восстановления ротационной инвариантности произвольных гамильтонианов для описания несферических ядер. Установлена связь между моментом инерции системы и свойствами  $1^+$ -возбуждений в ней.

Разработана модель для точного расчета абсолютных вероятностей альфа-распада, которая имеет ряд преимуществ по сравнению с обычно используемым R-матричным подходом.

## Теория ядерных реакций

Продолжались исследования новых методов в теории рассеяния, и проводились расчеты ряда реакций элементарных частиц и ядер с ядрами. Развита новая теория высокоэнергетического рассеяния, позволяющая выйти за рамки эйконального приближения, получены релятивистские фазовые уравнения теории квазипотенциального рассеяния.

Показано, что асимметрия нейтронов от захвата поляризованных мюонов ядрами определяется двумя факторами: релятивистскими эффектами мюон-нуклонного взаимодействия и взаимодействиями вылетевшего нейтрона с ядром-остатком. Обнаружено большое конфигурационное расщепление гигантского резонанса при поглощении мюонов ядрами ( $2S - 1d$ )-оболочки.

Выполнен большой объем расчетов по каскадной теории взаимодействий высокоэнергетических частиц с ядрами для экспериментов в Серпухове. Теория обобщена на случай неупругих взаимодействий высокоэнергетических ядер.

Успешно продолжались исследования прямых реакций со сложными ядрами, в механизме которых важную роль играют каналы возбуждения низколежащих коллективных уровней и канал развала одного из участвующих в реакции ядер. Проведен анализ данных упругого рассеяния электронов на легких ядрах и обнаружены новые закономерности в распределении их зарядовой плотности. Выполнены расчеты формфакторов в реакции срыва на сферических и деформированных ядрах с учетом связи каналов.

Написана монография "Методы сильной связи каналов в квантовой теории рассеяния". Выяснена принципиальная возможность получения строгих вариационных границ для параметров рассеяния в случае, когда приближенно вычисляются базисные функции, с помощью которых строятся пробные волновые функции.

### Ядерные силы и теория легких ядер

Продолжались исследования мезонной теории ядерных сил. Завершено изучение структуры состояний гигантского резонанса в ядрах с  $A=14$ . На основе уравнений Фаддеева проведены расчеты квартетной длины нейтрон-дейтронного рассеяния и формфактора трития. Установлено, что при определенной величине отталкивающей сердцевины в синглетном нуклон-нуклонном потенциале в формфакторе появляется второй минимум. Это дает дополнительную возможность исследования в экспериментах с трехнуклонными системами действия ядерных сил на малых расстояниях.

### Вопросы теории твердого тела и конденсированных сред

На основе разработанной ранее теории ангармонических кристаллов исследованы магнитные возбуждения в ангармоническом ферромагнетике, упругие свойства и устойчивость сильно ангармонических кристаллов. Изучено комбинационное рассеяние света в твердом ортоводороде.

Продолжались исследования электронного спектра неупорядоченных систем /доказано существование псевдощели в этом спектре/ и систем с несферическими потенциалами.

Рассмотрено магнито-вибрационное рассеяние нейтронов в металлах и спинфононное взаимодействие в ферромагнетике. Проведено самосогласованное расщепление функций Грина в модели Гейзенберга. Получены новые сведения о роли взаимодействия между квазисвободными и локализованными электронами в переходных металлах и их соединениях. Метод асимптотически точного исследования модельных систем, предложенный Н.Н.Боголюбовым, применен к ферромагнитным системам.

Ряд исследований проведен по тематике научных работ в Лаборатории нейтронной физики: вычислен магнитный формфактор в сплавах  $Ni - Fe$ , определены сечения неупругого рассеяния нейтронов на  $MgZn_2$ , изучены релаксационные эффекты в гематите при сильных импульсных магнитных полях, а также интерференция одно- и многофононного рассеяния в кристаллах.

## Лаборатория высоких энергий

В лаборатории выполнялись исследования в области физики элементарных частиц, в области релятивистской ядерной физики, велись разработки новых приборов для физических экспериментов, производилось совершенствование и создание методики проведения экспериментов, улучшение параметров и модернизация основной ускорительной базы лаборатории - синхрофазотрона. Существенная часть усилий коллектива лаборатории приходилась на реализацию серпуховской программы научных работ.

Большая часть исследований проводилась с помощью Лаборатории вычислительной техники и автоматизации и на основе широкого международного сотрудничества с лабораториями и институтами стран-участниц ОИЯИ.

## Научно-исследовательские работы

### Поведение амплитуд рассеяния в зависимости от энергии взаимодействующих частиц

◇ Завершен анализ результатов по изучению упругого  $pp$ -,  $pd$ - и  $pn$ -рассеяний на малые углы в интервале энергий 10-70 Гэв. В результате установлено, что при описании параметра наклона  $b_{pp}$  формулой:  $b_{pp}(S) = b_0 + 2 b_1 \ln(S/S_0)$  из экспериментальных данных следует:

$$b_0 = /7,32 \pm 0,25/ \text{ /Гэв/с/}^{-2}$$

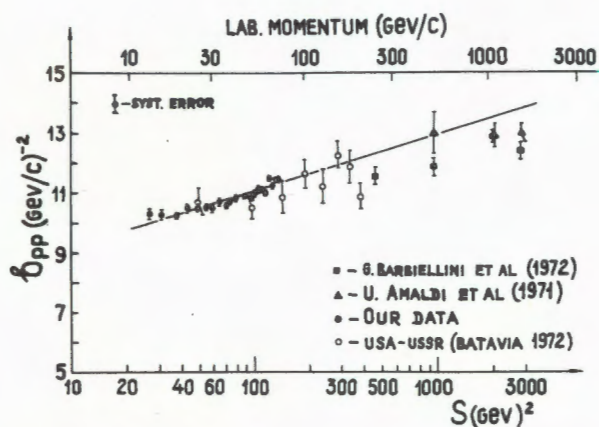
и

$$b_1 = /0,41 \pm 0,06/ \text{ /Гэв/с/}^{-2}$$

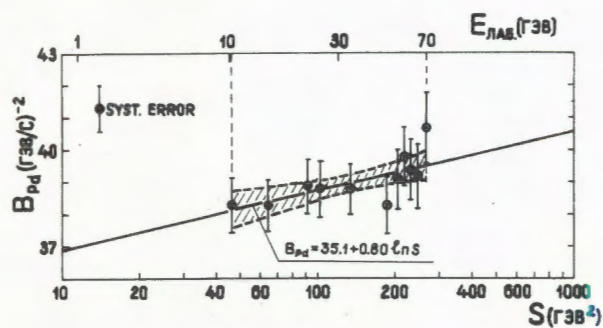
при  $S_0 = 1 \text{ Гэв}^2$  /здесь  $S$  - квадрат

полной энергии в с.ц.м./-. Параметр  $b_1$  является "эффективным" наклоном дающих вклад в амплитуду данной реакции траекторий полюсов. Основной вклад в эту величину вносит наклон траектории полюса Померанчука  $\alpha'_p$ . Прямая, проведенная через экспериментальные точки по формуле для  $b_{pp}(S)$ , приведена на рис. 1.

На рис. 2 показана энергетическая зависимость параметра наклона упругого



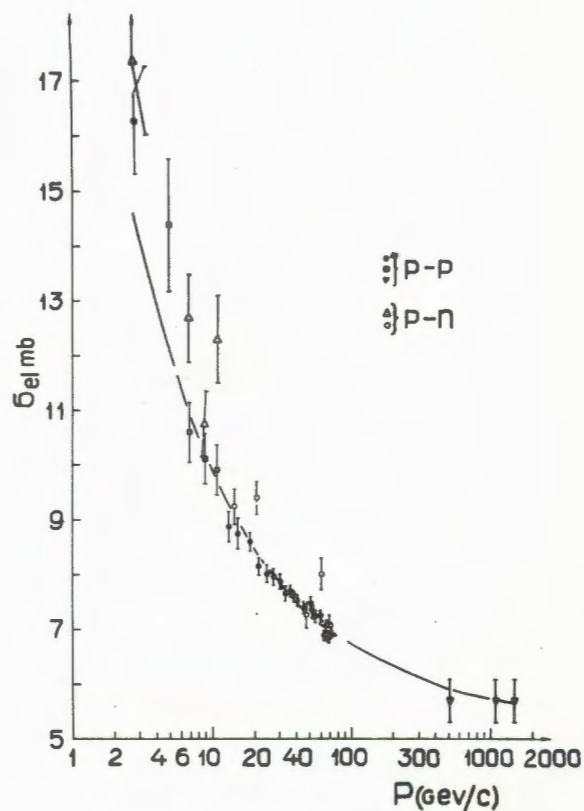
1. Параметр наклона упругого  $pp$ -рассеяния при  $|t| \leq 0,1$  /Гэв<sup>2</sup>.



2. Параметр наклона упругого  $pd$ -рассеяния при  $0,02 \leq |t| \leq 0,05$  /Гэв<sup>2</sup>.

$pd$ -рассеяния в интервале энергий 10-70 Гэв. Эта зависимость подтверждает величину наклона траектории Померанчука, следующую из эксперимента по  $pp$ -рассеянию.

При использовании экспериментальных данных о параметрах наклона и величинах действительной части амплитуд упругого  $pp$ -,  $pd$ - и  $pn$ -рассеяний рассчитаны сечения этих реакций /рис. 3,

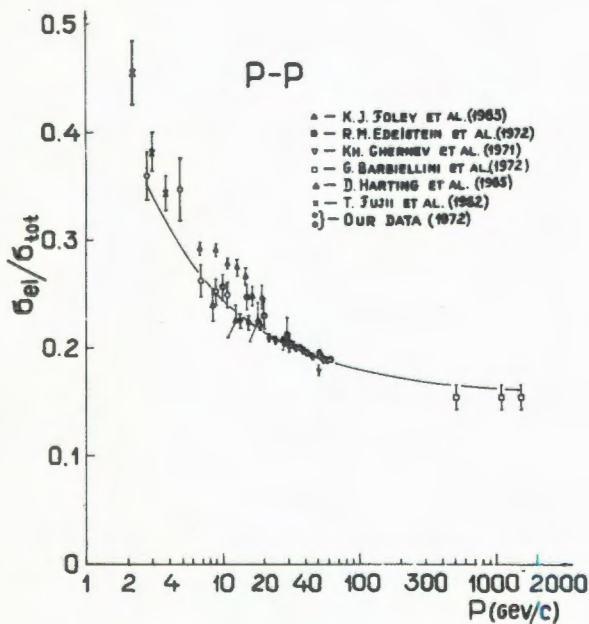


3. Сечения упругого  $pp$ - и  $pn$ -рассеяния. Систематические ошибки:  $\bullet$  - 3,5%,  $\Delta$  - 15%,  $\circ$  - 6%. Нанесена эмпирическая кривая вида  $\sigma_{el}(p) = \sigma_0 + \sigma_1 p^{-n}$ , проведенная через указанные точки  $\sigma_{el}(p)$ .  $\sigma_0 = 5,36 \pm 0,29$  мбарн;  $\sigma_1 = 16,1 \pm 1,7$  мбарн,  $n = 0,545 \pm 0,061$ .



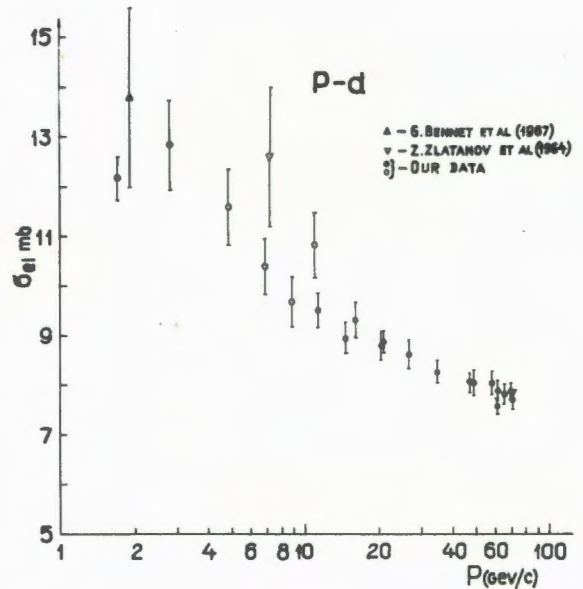
4, 5/. С ростом энергии сечения упругого  $pp$ -,  $pd$ - и  $pn$ -рассеяний уменьшаются, что вызвано ростом параметра наклона, а также уменьшением действительной части амплитуды рассеяния.

На основе теории Глаубера из экспериментальных данных о дифференциальных сечениях упругого  $pp$ -,  $pd$ -и  $pn$ -рассеяний в интервале энергий 10-26 Гэв вычислена сумма квадратов формфакторов для  $S$ - и  $D$ -состояний дейтрона при значениях квадрата переданного четырехимпульса  $t/ \leq 0,2 / \text{Гэв}^2$ . Из числа рассмотренных волновых функций наилучшее согласие с экспериментом дает волновая функция Брессела и Кермана /рис. 6/.

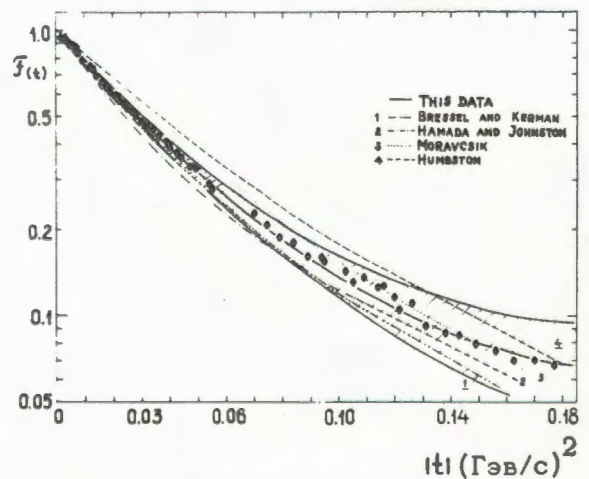


4. Отношение  $\sigma_{el} / \sigma_{tot}$  для  $pp$ -и  $pn$ -взаимодействий. Представлена эмпирическая кривая вида  $\frac{\sigma_{el}}{\sigma_{tot}}(p) = a_0 + a_1 p^{-n}$ ;

рассчитанная для  $pp$ -взаимодействия:  $a_0 = 0,157 \pm 0,007$ ,  $a_1 = 0,360 \pm 0,047$ ,  $n = 0,602 \pm 0,080$ .



5. Сечение упругого  $pd$ -рассеяния.

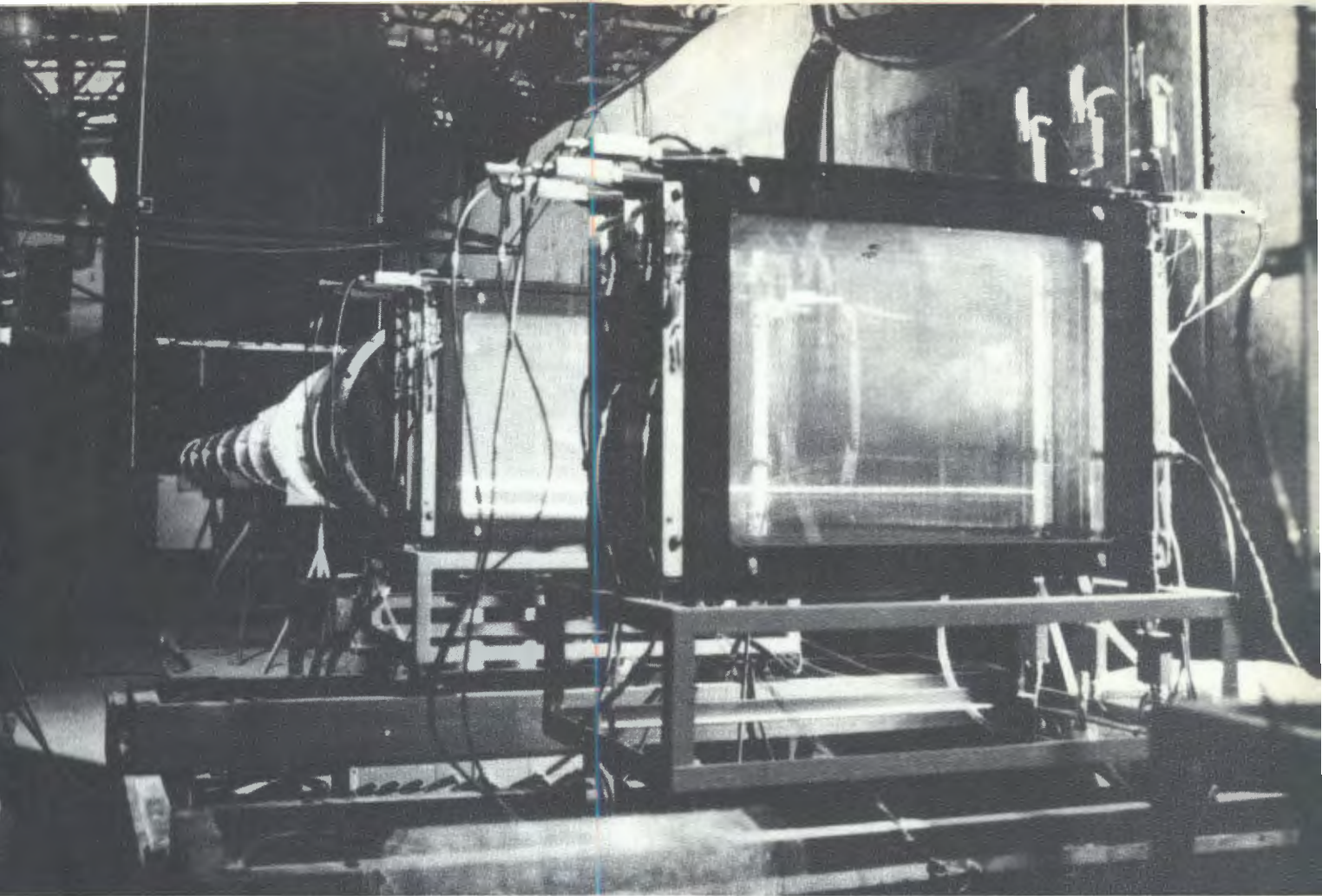


6. Сумма квадратов формфакторов дейтрона в  $S$ - и  $D$ -состояниях:  $F(t) = S_0^2(t/4) + S_2^2(t/4)$ . Показаны теоретические значения  $F(t)$  для различных волновых функций дейтрона: 1 - данные Брессела и Кермана, 2 - Хамады-Джонстона, 3 - Моравчика, 4 - Хамбстона.

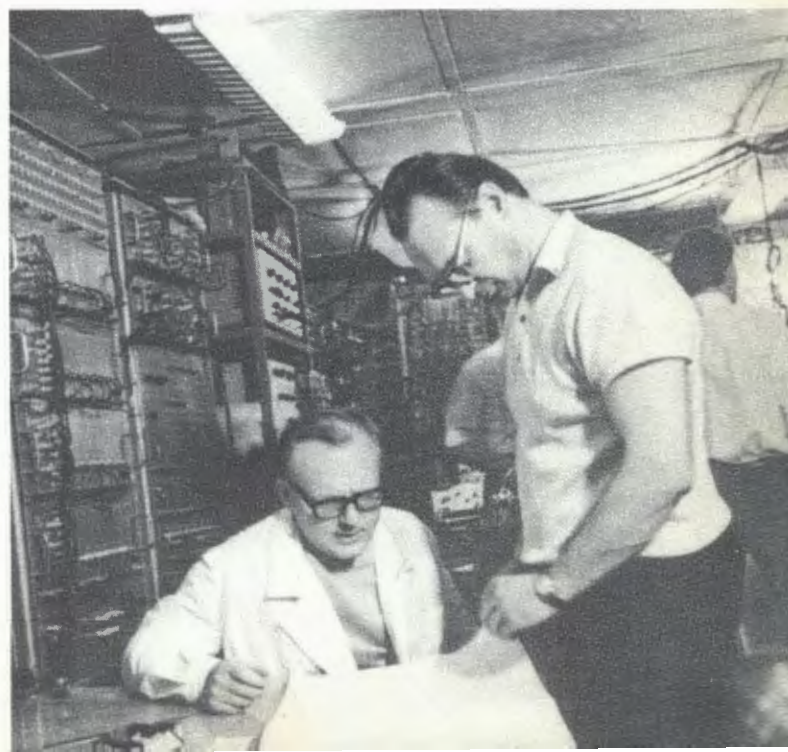
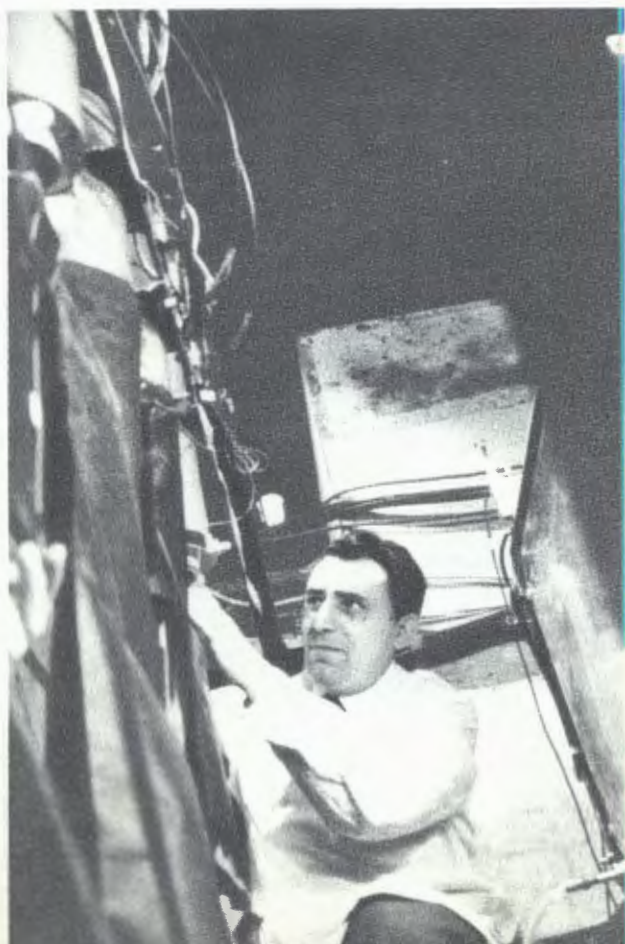


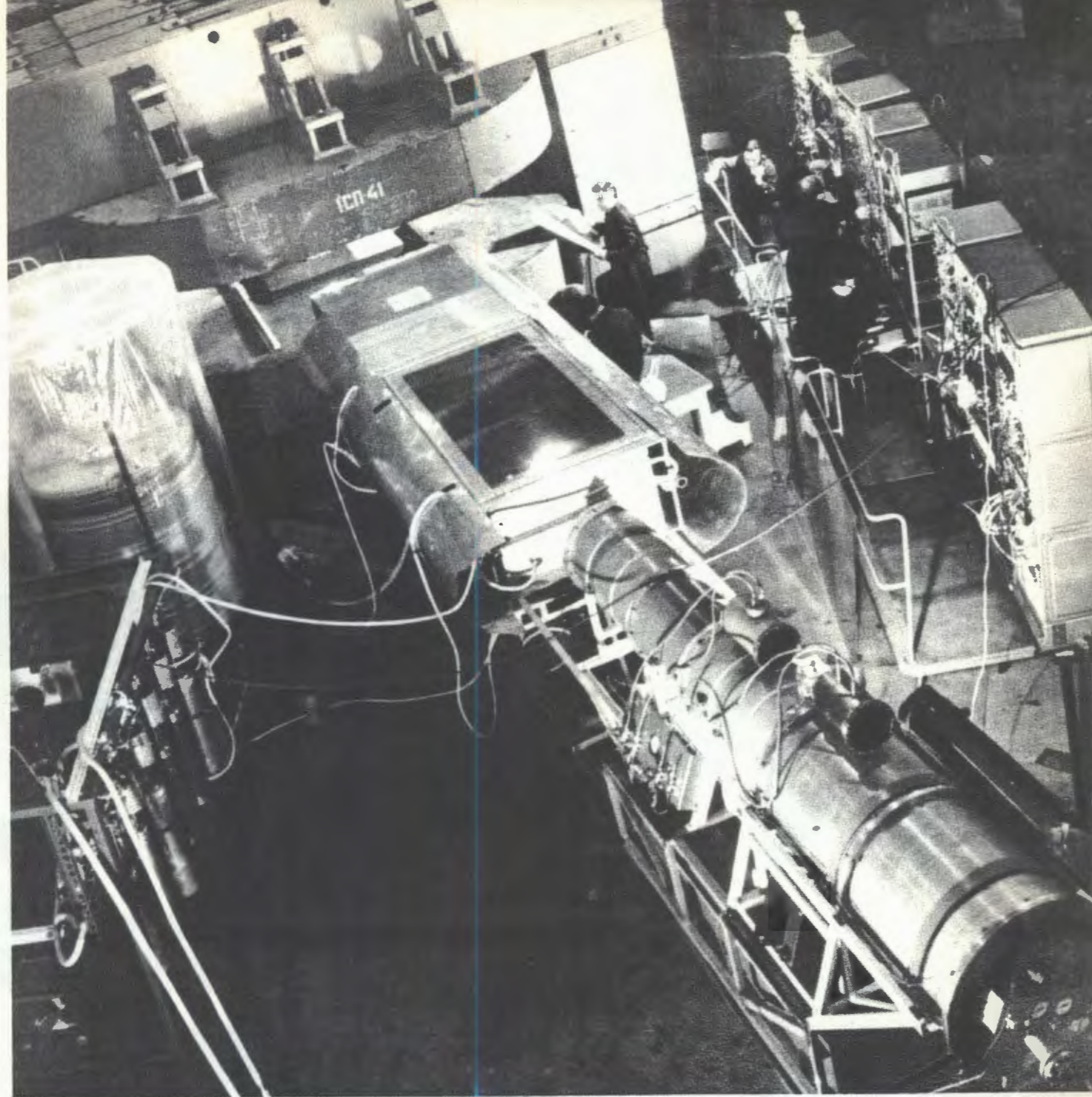
*На основе снимков с метровой жидководородной камеры продолжается исследование неупругих взаимодействий пионов. Работа выполняется совместно с институтами ГДР, МНР, СРР, ЧССР. Изучается экспериментальный материал, полученный при облучении камеры релятивистскими дейтронами.*



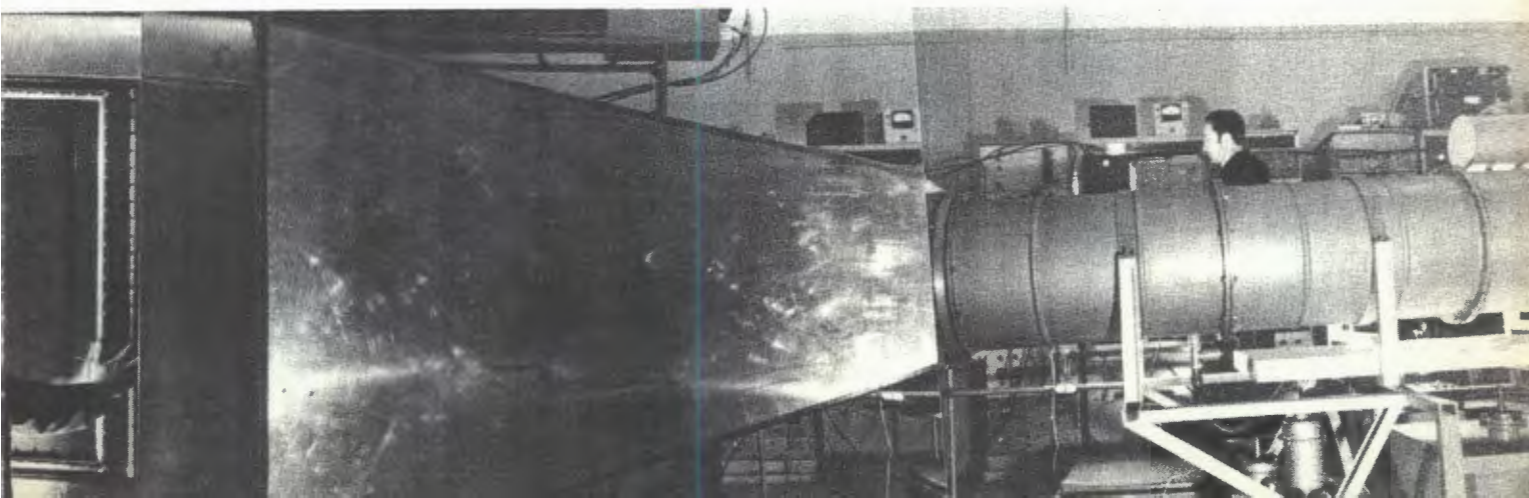


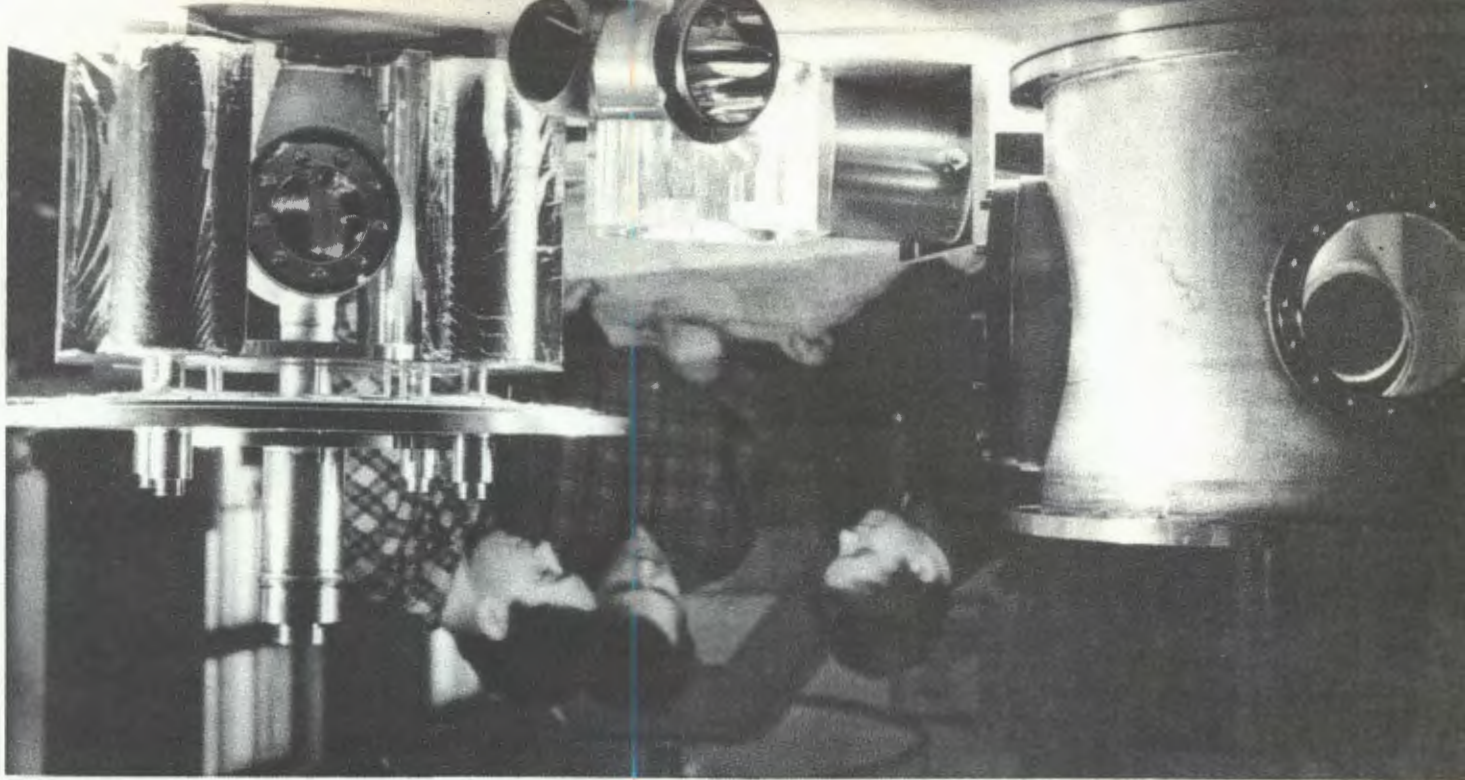
*С помощью большого искрового спектрометра на линии с ЭВМ изучается регенерация короткоживущих каонов долгоживущими в мишени - регенераторе. На пучке 76 Гэв серпуховского ускорителя проведены измерения с трехметровыми жидководородной и жидкодейтериевой мишенями.*



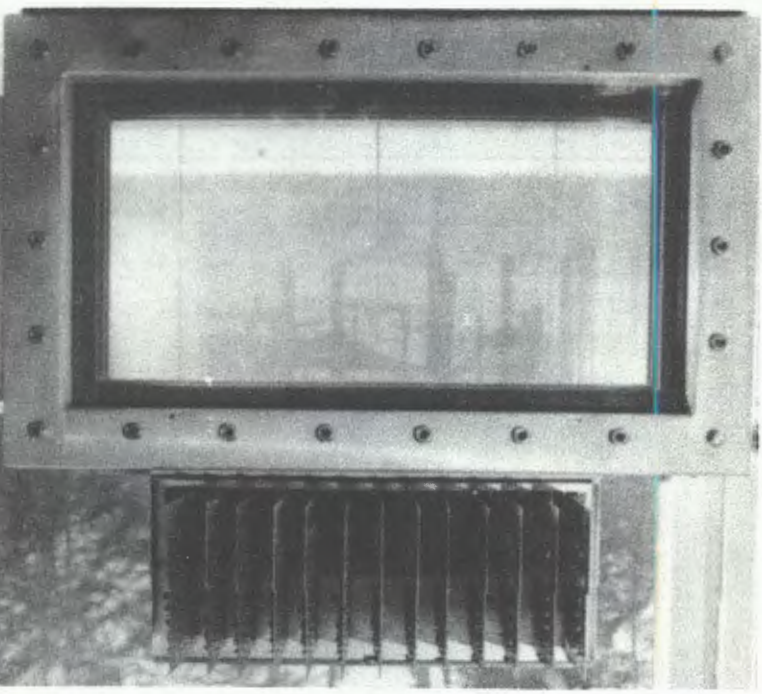


▲  
*Стримерная камера СКМ-200 установлена в пучке медленного вы-  
вода частиц из синхрофазотрона ЛВЭ.*  
▼

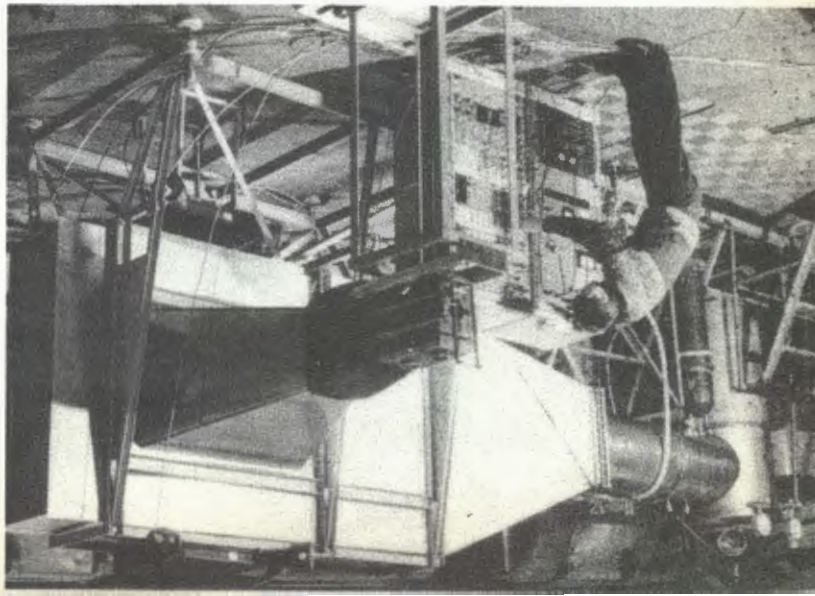




Дежурная разборная порционная камера размером  $0,3 \times 0,6 \text{ м}^2$

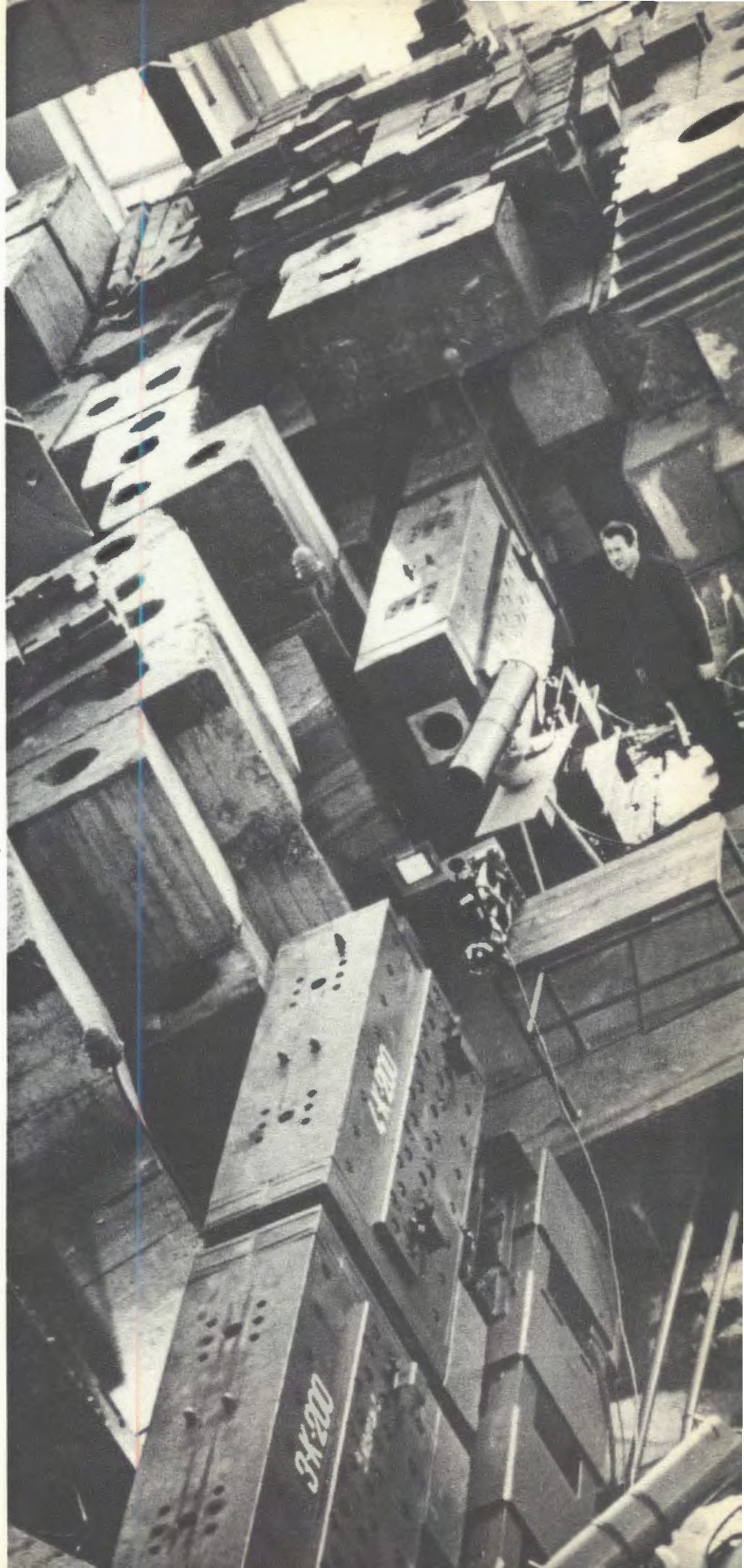


Общий вид установки "Резонанс".



Осуществлен медленный вывод пучка ускоренных протонов из камеры синхрофазотрона. Эффективность вывода превышает 90%. Пучок транспортируется к экспериментальным установкам в измерительном павильоне с помощью системы магнитных линз.

Испытана установка с гелиевым детектором, предназначенная для экспериментов на синхрофазотроне.

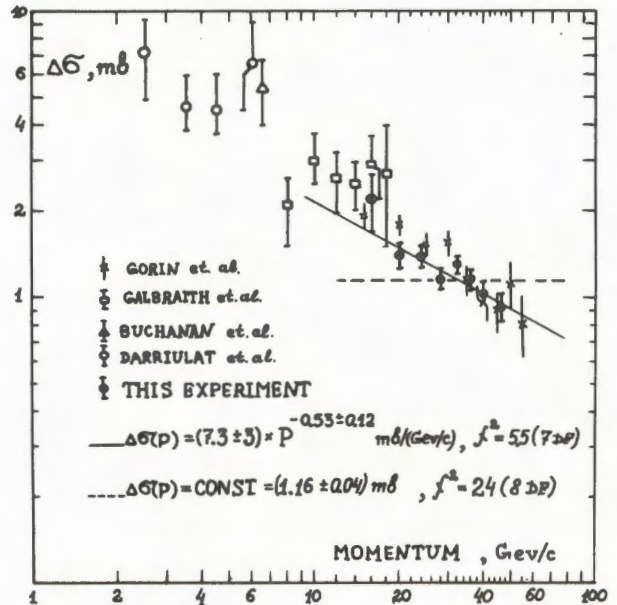


♦ **Исследования асимптотического поведения амплитуд рассеяния нейтральных каонов на ядрах водорода, дейтерия и других** проводятся на ускорителе 76 Гэв /ИФВЭ, Серпухов/ с помощью большого искрового спектрометра на линии с ЭВМ БЭСМ-3М. В состав спектрометра входят 18 двухкоординатных бесфильмовых искровых камер, анализирующий магнит, детектор электронов и мюонов и сцинтилляционный годоскоп - триггер. Изучается регенерация короткоживущих каонов долгоживущими каонами в мишени-регенераторе.

При исследовании регенерации с помощью трехметровой жидководородной мишени получены следующие результаты для интервала импульсов 14-42 Гэв/с. Найдено, что модуль разности амплитуд упругого рассеяния вперед  $K^0 p$  и  $\bar{K}^0 p$  убывает с ростом энергии каонов, падающих на мишень-регенератор, приблизительно обратно пропорционально корню квадратному из энергии /рис. 7/, а фаза этой разности остается постоянной и равной  $-131^\circ \pm 8^\circ$  /рис. 8/. Таким образом, нарушений теоремы Померанчука в области 10-50 Гэв/с не наблюдается.

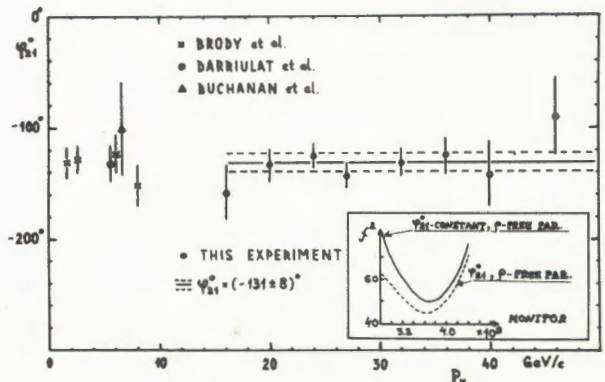
Для опытов по регенерации на дейтерии в лаборатории была изготовлена уникальная трехметровая жидкодейтериевая мишень. В ходе эксперимента на магнитные ленты записана обширная информация /около 2 млн. событий/. Организована ее обработка в странах-участниках: НРБ, ВНР, ГДР, ЧССР. Дополнительно к главной программе исследований регенерации каонов в ВНР обработаны данные о 100 тыс. распадов  $K_{\mu 3}$  с целью изучения формфактора каонов.

После окончания измерений с дейтерием большой искровой спектрометр переносится на новый канал нейтральных частиц, создаваемый ИФВЭ, с целью изучения электромагнитного формфактора каонов в экспериментах на ядрах.



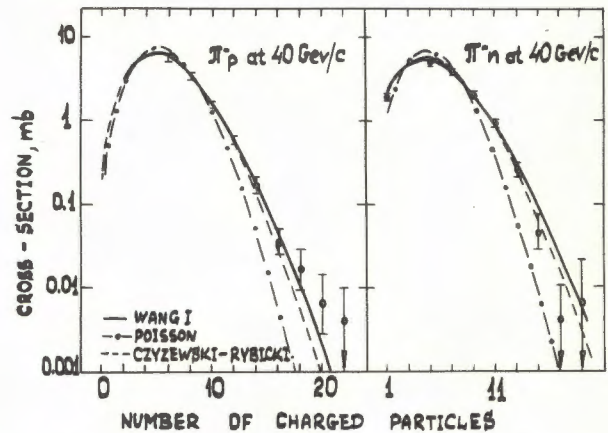
7. Энергетическая зависимость модуля разности амплитуд упругого рассеяния вперед  $K^0 p$  и  $\bar{K}^0 p$ .

8. Энергетическая зависимость фазы разности амплитуд упругого рассеяния вперед  $K^0 p$  и  $\bar{K}^0 p$ .



◇ В исследовании упругого рассеяния пионов на гелии при импульсах 3,48 и 6,13 Гэв/с завершена обработка данных для интервала малых передач 0,007-0,100 Гэв<sup>2</sup>. Результаты измерений дифференциальных сечений упругого рассеяния пионов на ядрах гелия оказались в удовлетворительном согласии с теоретическими расчетами, сделанными на основе глауберовской модели.

◇ Исследование упругого  $\pi^-p$ -рассеяния на малые углы при энергии 40 и 50 Гэв ведется на ускорителе 76 Гэв в Серпухове. С помощью магнитного искрового спектрометра на линии с ЭВМ зарегистрировано около 5 млн. запусков установки.



9. Распределение вероятности образования событий в зависимости от числа вторичных лучей при  $\pi N$ -взаимодействии.

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

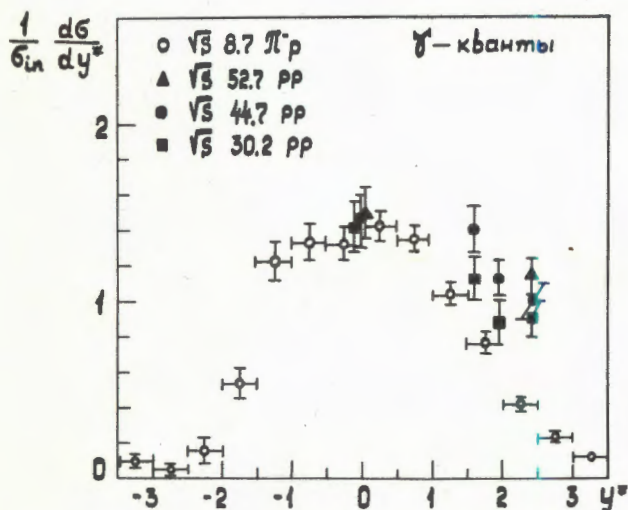
◇ В экспериментах по изучению  $\pi^-p$ ,  $\pi^-n$ - и  $\pi^-C$ -взаимодействий при импульсе 40 Гэв/с двухметровая пропановая пузырьковая камера была облучена на ускорителе 76 Гэв /Серпухов/ в пучке отрицательных пионов. В 1972 году на камере получено 200 тыс. кадров, а за все время ее работы - 300 тыс. кадров. После этого камера была демонтирована и возвращена в лабораторию.

Просмотр снимков по согласованным инструкциям ведется в 16 лабораториях 8 стран - участниц ОИЯИ. Просмотрено около 100 тыс. кадров, измерено 10 тыс. следов событий, вызванных  $\gamma$ -квантами, и около 2 тыс. звезд. Были определены вероятность образования событий в зависимости от числа вторичных лучей в звезде /рис. 9/, средние значения величин, характеризующих образование  $\pi^+$ -мезонов,  $\pi^-$ -мезонов и гамма-квантов в  $\pi^-r$

Средние характеристики $\pi N - 40$ Гэв/с				
		$\pi^-p$	$\pi^-n$	
$\pi^-$	$\langle P_1 \rangle$ Мэб 0 ÷ 1500	362 ± 5 (Мэб)	351 ± 7 (Мэб)	Число частиц назад на 1000 звезд в $\pi^-p$ 51 ± 7
	$\langle P_{II}^+ \rangle$ Мэб -2500 ÷ +2500	200 ± 12 (Мэб)	265 ± 22 (Мэб)	
	$\langle \cos \theta^* \rangle$ -1.0 ÷ +1.0	0.236 ± 0.12	0.280 ± 0.020	
$\pi^+$	$\langle P_1 \rangle$ Мэб 0 ÷ 1500	368 ± 5 (Мэб)	369 ± 9 (Мэб)	48 ± 7
	$\langle P_{II}^+ \rangle$ Мэб -2500 ÷ +2500	-36 ± 12 (Мэб)	162 ± 25 (Мэб)	
	$\langle \cos \theta^* \rangle$ -1.0 ÷ +1.0	0.001 ± 0.013	0.186 ± 0.025	
$\gamma$	$\langle P_1 \rangle$ Мэб 0 ÷ 1500	168 ± 3 (Мэб)	164 ± 6 (Мэб)	
	$\langle P_{II}^+ \rangle$ Мэб -2500 ÷ +2500	25 ± 8 (Мэб)	53 ± 18 (Мэб)	
	$\langle \cos \theta^* \rangle$ -1.0 ÷ +1.0	0.057 ± 0.015	0.129 ± 0.024	
$\pi^0$		≤ 50 ± 13 принято, что $\langle n_{\pi^0} \rangle = 2.32$		

10. Таблица средних величин, характеризующих образование  $\pi^+$ -,  $\pi^-$ -мезонов и гамма-квантов в с.у.м. реакции для  $\pi^-p$ - и  $\pi^-n$ -взаимодействий при 40 Гэв/с.





11. Зависимость  $\frac{1}{\sigma_{in}} \cdot \frac{d\sigma}{dy^*}$  от  $y^*$  для  $\gamma$ -квантов в  $\pi^-p$ - и  $\pi^-n$ -взаимодействиях.

и  $\pi^-n$ -взаимодействиях /рис. 10/, а также некоторые характеристики инклюзивных реакций

$$\pi^-p \rightarrow \pi^\pm + \dots, \pi^-n \rightarrow \pi^\pm + \dots, \pi^-p \rightarrow \gamma + \dots$$

Сравнение полученных данных об инклюзивных реакциях с результатами других экспериментов указывает на проявление масштабной инвариантности в  $\pi^-N$ -взаимодействиях при импульсе 40 Гэв/с в центральной области ( $y^* \sim 0$ ) /рис. 11/.

◆ **Взаимодействие отрицательных пионов с протонами** при импульсе 5 Гэв/с исследуется с помощью однометровой водородной пузырьковой камеры на синхрофазотроне ЛВЭ. Получены следующие физические результаты.

**Двухлучевые события.** На статистике около 2 тыс. событий  $\pi^-p \rightarrow \pi^+\pi^-p$  измерены сечения рождения резонансов и определены элементы матрицы плотности

REACTION	RESONANCE	MASS MeV	WIDTH MeV	FRACTION %	CROSS SECTION in mb
$\pi p \rightarrow \rho \pi^+ 2 \pi^-$	$\Delta^{++}(1236)$	$1207 \pm 3$	$83 \pm 6$	$27 \pm 2$	$0.52 \pm 0.04$
	$\rho^0$	$775 \pm 4$	$121 \pm 10$	$40 \pm 3$	$0.76 \pm 0.06$
$\pi p \rightarrow \rho \pi^+ 2 \pi^0$	$\Delta^{++}(1236)$	$1207 \pm 6$	$123 \pm 19$	$18 \pm 2$	$0.35 \pm 0.04$
	$\rho^0$	$778 \pm 7$	$131 \pm 20$	$22 \pm 3$	$0.43 \pm 0.06$
	$\rho^-$	$772 \pm 7$	$120 \pm 21$	$19 \pm 3$	$0.37 \pm 0.06$
	$\omega$	$786 \pm 2$	$38 \pm 3$	$21 \pm 3$	$0.44 \pm 0.06$
	$\eta^0$	$556 \pm 4$	$5 \pm 29$	$1.5 \pm 0.5$	$0.02 \pm 0.009$
$\pi p \rightarrow n 2 \pi^+ 2 \pi^-$	$\Delta^{*-}(1236)$	$1232 \pm 5$	$56 \pm 14$	$16 \pm 3$	$0.176 \pm 0.035$
	$\rho^0$	$758 \pm 7$	$113 \pm 20$	$40 \pm 4$	$0.44 \pm 0.07$

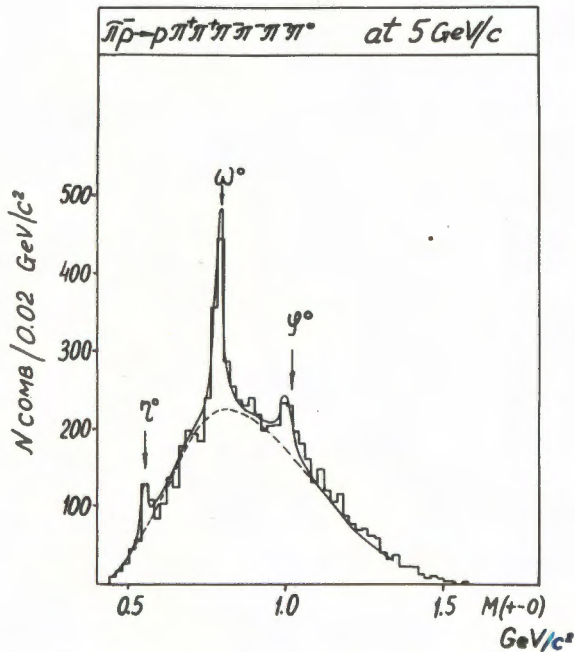
12. Таблица сечений образования резонансов в 4-лучевых  $\pi^-p$ -взаимодействиях при 5,0 Гэв/с.

$\rho_{ij}$ . Их значения показывают, что образование ( $\pi \pi^+ \pi^-$ ) нельзя объяснить чистым однопионным обменом. Проводится обработка треков этих событий с целью изучения  $\rho\omega$ -интерференции.

**Четырехлучевые события.** На статистике около 15 тыс. событий определены сечения каналов реакций и рождения некоторых резонансов /рис. 12/. Для этих событий выполнен анализ по методу Ван Хофа. Работа ведется в сотрудничестве с лабораториями стран-участниц ОИЯИ: ГДР, МНР, СРР, ЧССР.

**Шестилучевые события.** Измерены сечения каналов реакций и сечения образования некоторых резонансов. В канале, где кроме шести заряженных частиц образуется еще один нейтральный пион, обнаружен избыток комбинации, соответствующий  $\phi$ -мезону / $M = 1019$  Мэв/ /рис. 13/. Установлено также, что среди образованных  $\omega_0$ -мезонов некоторая их часть летит назад в с.ц.м. реакции. Проводится дальнейшее изучение шестилучевых событий в сотрудничестве с ИФВЭ /Цойтен, ГДР/.

◆ **Взаимодействие дейтронов с протонами** при импульсе 3,3 Гэв/с изучается с помощью однометровой водородной пу-



13. Распределение  $M(\pi^+\pi^-\pi^0)$  в 6-лучевых  $\pi^-p$ -взаимодействиях при импульсе 5,0 Гэв/с.

зырьковой камеры, облучаемой в пучке сепарированных дейтронов на синхротроне ЛВЭ. В 1972 году в сеансах облучения камеры получено 133 тыс. рабочих фотографий в пучке дейтронов 3,3 Гэв/с. Ведется обработка около 20 тыс. событий.

Предложенная редакция эксперимента, когда дейтрон падает на протон ( $dp$ ), имеет преимущества перед классическим ( $pd$ ) -вариантом, что связано с хорошими условиями выделения протонов-спектаторов и с тем, что протон-мишень до взаимодействия покоится, а это позволяет восстановить кинематику  $dp$ -столкновения.

Получены следующие физические результаты по наиболее статистически обеспеченному каналу  $dp \rightarrow ppn$ .

а/ При сопоставлении в с.ц.м. дейтрона импульсов нуклонов и их  $\cos \theta^*$  хорошо выделяется изотропная часть при малых импульсах, соответствующая нуклонам-спектаторам, и ход квазиупругого рассеяния /рис. 14/.

б/ Оценены сечения процессов:

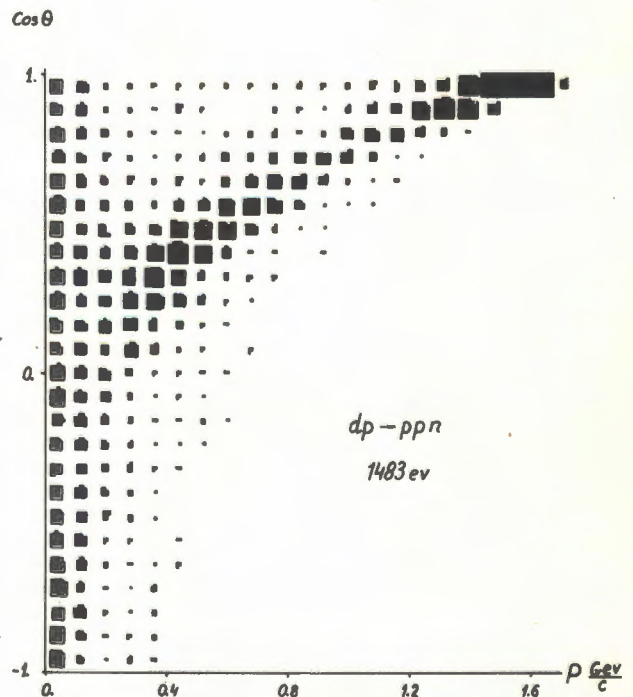
$$dp \rightarrow ppn, \quad \sigma = (40,5 \pm 1,2) \text{ мбарн},$$

$$dp \rightarrow ppp\pi^-, \quad \sigma = (2,2 \pm 0,2) \text{ мбарн},$$

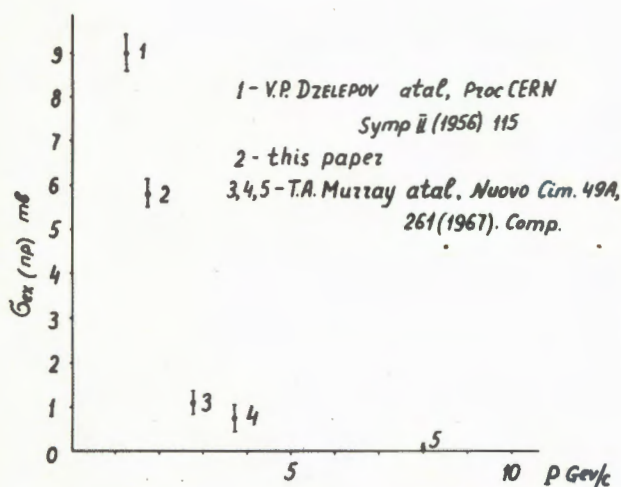
$$dp \rightarrow ppp\pi^0, \quad \sigma = (12,7 \pm 0,3) \text{ мбарн},$$

$$dp \rightarrow p\pi^+nn, \quad \sigma = (20,8 \pm 0,9) \text{ мбарн}.$$

в/ Выяснено, что из данных о  $dp$ -взаимодействии можно извлекать сведения об элементарных актах  $pn$ - или  $pp$ -



14. Зависимость  $\cos \theta$  от импульсов нуклонов в с.ц.м. дейтрона для  $dp$ -взаимодействий при импульсе 3,3 Гэв/с.



15. Энергетическая зависимость сечения  $p-p$ -перезарядки.

взаимодействий. В частности, было оценено сечение  $p-p$ -перезарядки /рис. 15/:

$$\sigma_{ex}(pp) = 5,8 \pm 0,3 / \text{мбарн.}$$

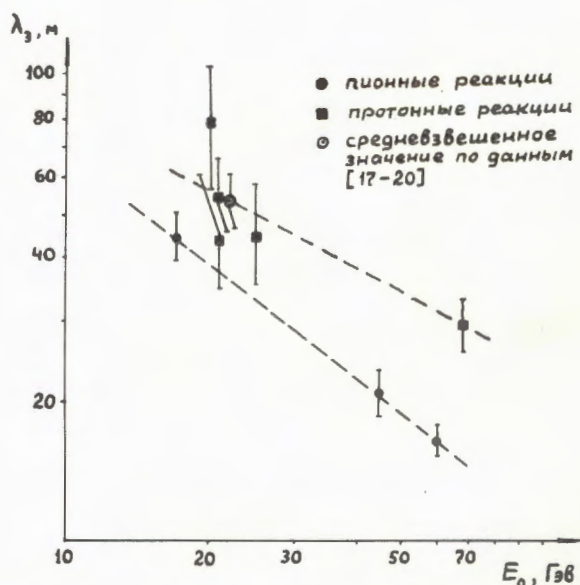
Работа проводится совместно с Польской Народной Республикой.

◇ **Взаимодействие протонов с протонами** при импульсе 35 Гэв/с. При облучении двухметровой водородной пузырьковой камеры "Людмила" протонами с импульсом 35 Гэв/с получено около 17 тыс. кадров. На части материала /2 тыс. событий/ найдено распределение по множественности, определена средняя множественность:  $\bar{n}_{зар.} = 5,01 \pm 0,07$ . Обработка данных продолжается.

◇ **Взаимодействия протонов и отрицательных пионов с нуклонами и ядрами** при энергии 40-70 Гэв. Продолжалось изучение взаимодействий  $\pi^-$ -мезонов 60 Гэв и протонов 67 Гэв с помощью ядерных фотозмульсий, облученных на ускорителе 76 Гэв/Серпухов/. Показано, что зависимость средней множественнос-

ти образования частиц для  $\pi^-p$ - и  $pp$ -взаимодействий можно описать в виде  $\langle n \rangle \sim E^{0,66}$  в с.с.м. реакции, но кривая зависимости  $\langle n \rangle$  для  $\pi^-p$ -взаимодействий несколько сдвинута к более высоким значениям при одинаковой полной энергии в с.с.м. Для  $\pi^-p$ -взаимодействий при 60 Гэв  $\langle n \rangle = 5,7 \pm 0,2$ , для  $pp$ -взаимодействий при 67 Гэв  $\langle n \rangle = 5,0 \pm 0,2$ .

Впервые установлено /в отличие от теоретических моделей Янга и др./, что парциальные сечения не достигают насыщения, а с ростом энергии проходят через максимум и убывают. При исследовании когерентной генерации пионов на ядрах фотозмульсии обнаружено существенное превышение, при равных энергиях, сечений когерентной генерации  $\pi^-$ -мезонами по сравнению с протонами /рис. 16/.



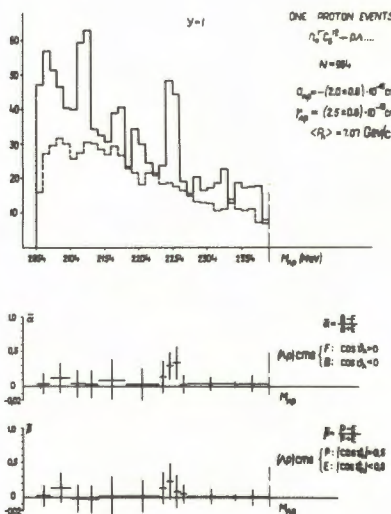
16. Энергетическая зависимость длины свободного пробега для трехлучевых когерентных событий на ядрах фотозмульсии.

Получено указание на процесс много-частичных взаимодействий, когда несколько вторичных частиц, рожденных в первичном столкновении  $\pi^-$ -мезона 60 Гэв с ядром, коллективно взаимодействуют с нуклонами этого ядра. Выяснено, что под действием протонов 69 Гэв с вероятностью  $3,8 \pm 0,7\%$  происходит полный распад ядер Ag и Vt преимущественно на отдельные нуклоны. Среднее число частиц /помимо рожденных/ равно  $30 \pm 1$ .

В 1972 году на ускорителе 76 Гэв /Серпухов/ облучено около 40 стопок фотоэмульсии в магнитном поле  $\sim 220$  кгс пучком  $\pi^-$ -мезонов с импульсом 50 Гэв/с.

♦ Исследование резонансов в двух-и многобарионных системах дало следующие физические результаты:

a/( $\Lambda\Lambda$ ) -система /53 события/. В спектре эффективных масс вблизи суммы масс покоя двух  $\Lambda$ -гиперонов имеется концентрация событий, которая может быть объяснена взаимодействием ( $\Lambda\Lambda$ ) в конечном состоянии. Оценка параметров

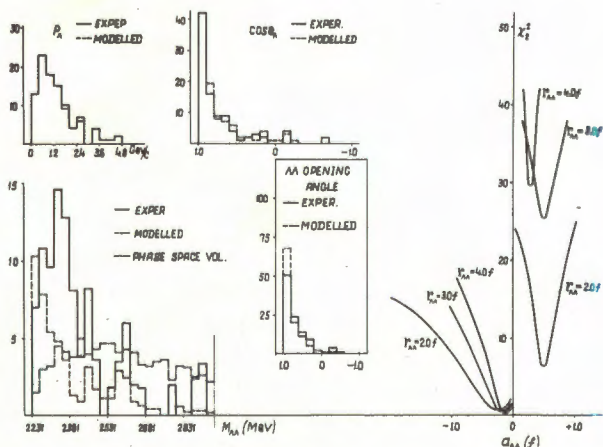


18. Распределение эффективных масс ( $\Lambda p$ ) из нейтронной экспозиции /964 события с одним протоном и  $\Lambda$ -гипероном/.

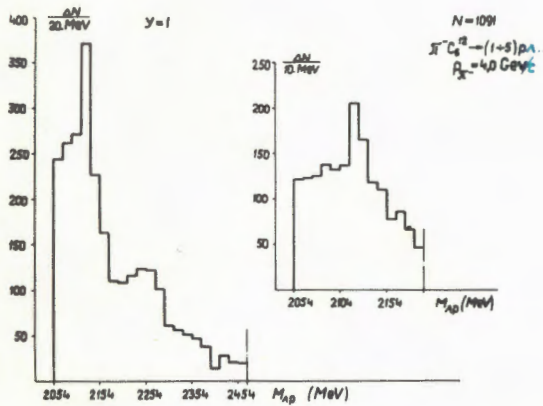
рассеяния ( $\Lambda\Lambda$ ) при низких энергиях согласуется с данными по двойным гиперфрагментам /рис. 17/. Особенность в спектре масс при  $\sim 2370$  Мэв, вероятнее всего, вызвана резонансом с параметрами  $M = /2365,3 \pm 9,6 / \text{Мэв}$ ,  $\Gamma = /47,2 \pm 15,1 / \text{Мэв}$ .

b/( $\Lambda p$ ) -система /1818 событий в  $\pi C$ -взаимодействиях, 1091 событие в  $\pi S$ -взаимодействиях/. Пик при массе 2058 Мэв вызван взаимодействием ( $\Lambda p$ ) в конечном состоянии /рис. 18/. В рамках теории Ватсона, в предположении  $a_S = a_t$  и  $r_S = r_t$ , параметры рассеяния ( $\Lambda p$ ) при низких энергиях имеют следующие значения:  $a_{\Lambda p} = -/2,0 \pm 0,6 / \cdot 10^{-13} \text{ см}$ ,  $r_{\Lambda p} = /2,5 \pm 0,8 / \cdot 10^{-13} \text{ см}$ , что находится в согласии с результатами опытов по упругому рассеянию ( $\Lambda p$ ).

Пик при массе  $\sim 2127$  Мэв может быть вызван взаимодействием ( $\Sigma N$ ) в конечном состоянии с последующей конверсией  $\Sigma N \rightarrow \Lambda p$  или резонансом ( $\Lambda p$ ) с па-



17. Распределение эффективных масс ( $\Lambda\Lambda$ ).



19. Распределение эффективных масс ( $\Lambda p$ ) при облучении пропановой камеры пионами.

раметрами  $M = /2125,2 \pm 2,5/ \text{ Мэв}$ ,  $\Gamma = /20,6 \pm 5,2/ \text{ Мэв}$ . Не исключено, что пик при  $2127 \text{ Мэв}$  вызван обеими этими причинами.

Пик при  $\sim 2252 \text{ Мэв}$ , согласно анализу, вызван резонансом ( $\Lambda p$ ) с параметрами  $M = /2251,4 \pm 3,9/ \text{ Мэв}$ ,  $\Gamma = /21,1 \pm 5,4/ \text{ Мэв}$ .

Распределение эффективных масс ( $\Lambda p$ ), полученное в пионной экспозиции /рис. 19/, качественно согласуется с распределением масс ( $\Lambda p$ ) из нейтронной экспозиции /рис. 18/.

в/В распределении эффективных масс систем ( $\Lambda p p$ ) и ( $K^0 p$ ) значимых особенностей не обнаружено.

Для систем ( $2p$ ), ( $3p$ ), ( $4p$ ), ( $5p$ ) и ( $6p$ ) /12500 событий/ при величине интервала гистограммы  $\geq 1,0 \text{ Мэв}$  значимых особенностей не обнаружено.

Если в этих системах отсутствуют резонансы с ширинами  $\Gamma < 1,0 \text{ Мэв}$ , то возможно, что необходимым, но недостаточным условием существования адронных резонансов является неравенство по гиперзаряду  $Y \leq 1$ .

## Электромагнитная структура элементарных частиц

◇ Для определения электромагнитного размера пиона продолжается обработка материала, полученного ранее в эксперименте по  $\pi e$ -рассеянию при импульсе пионов  $50 \text{ Гэв/с}$  на ускорителе  $76 \text{ Гэв/Серпухов/}$  с помощью бесфильмового искрового спектрометра на линии с ЭВМ. Около 1,8 млн. событий пропущено через геометрические и кинематические программы. Определена эффективность регистрации и нахождения  $\pi e$ -события. Обработка экспериментального материала проводится в сотрудничестве с американскими физиками.

◇ С целью изучения электромагнитных свойств  $K^0$ -мезонов произведено облучение однометровой стримерной камеры СКМ-100 в пучке  $K^0$ -мезонов синхрофазотрона. Сделано свыше 150 тыс. снимков. На них найдено около 20 тыс. распадов  $K^0$ -мезонов, среди которых - около 100 редких распадов  $K^0$ -мезонов с испусканием пары Далитца. Ведется обработка данных с целью определения верхней границы распада  $K^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- e^+ e^-$ . Получены предварительные результаты.

## Релятивистская ядерная физика

◇ Проведено уточнение анализа образования пионов с помощью ядерного кумулятивного эффекта, обнаруженного ранее на синхрофазотроне при столкновении релятивистских дейтронов с импульсами  $6-10 \text{ Гэв/с}$  с ядрами меди. Обнаружено, что отношение сечения рождения мезонов ядрами дейтерия к сечению рождения пионов нуклонами при равных энергиях деления не зависит ни от отношения

импульса пиона к максимально возможному по кинематике, ни от энергии первичных дейтронов и равно 0,06. Сама величина отношения и ее энергетическая зависимость не могут быть объяснены ферми-движением.

◇ Исследование взаимодействий дейтронов и альфа-частиц с ядрами фотоэмульсии. Для дейтронов с импульсом 2,43 Гэв/с на среднем ядре фотоэмульсии определено:

полное сечение

$$\text{взаимодействия } \sigma_t = 1425 \pm 110 \text{ мбарн,}$$

$$\text{неупругое сечение } \sigma_{in} = 630 \pm 15 \text{ мбарн,}$$

$$\text{упругое сечение } \sigma_{el} = 465 \pm 70 \text{ мбарн,}$$

$$\text{сечение стриппинга } \sigma_s = 330 \pm 80 \text{ мбарн.}$$

Для дейтронов с импульсом 9,4 Гэв/с измерено сечение стриппинга на среднем ядре фотоэмульсии /  $A=47$  /, которое оказалось равным  $\sigma_s = 253 \pm 35$  мбарн. Получена кривая дифференциальных сечений стриппинга.

### Теоретические исследования

В исследованиях интерференционных явлений в физике элементарных частиц завершена разработка нового подхода к проблеме тождественности. Выполнялся анализ импульсно-энергетических корреляций тождественных частиц, имеющий целью развитие полученных ранее соотношений и их обобщение на случай движущихся источников.

Разработана теория нового типа ограничений на амплитуду рассеяния, вытекающих из требования релятивистской

макропричинности. Изучались новые методы моделирования реакций при высоких энергиях. Предложен метод восстановления импульсов  $\pi^0$ -мезонов по спектрам одиночных гамма-квантов.

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

◇ Для изучения свойств  $K$ -мезонов создана и прошла стендовые испытания двухметровая стримерная камера СКМ-200 с рабочим объемом  $200 \times 100 \times 60 \text{ см}^3$ . При исследовании установки в разных режимах получено около 20 тыс. снимков следов космических частиц. Камера установлена в пучке медленного вывода частиц из синхрофазотрона, и с ее помощью зарегистрированы первые следы частиц в магнитном поле камеры.

◇ Для исследования редких процессов на синхрофазотроне построена стримерная камера с рабочей областью  $120 \times 80 \times 46 \text{ см}^3$  с внутренней жидководородной мишенью, помещенная в магнитное поле /установка "Резонанс"/. При пробном запуске установки получены снимки от частиц космического излучения. Проводится усовершенствование частей установки.

◇ Усовершенствован ряд узлов установки с двухметровой водородной пузырьковой камерой "Людмила". Совместно с сотрудниками ИФВЭ /Серпухов/ проведен пробный запуск канала с сепарированным пучком антипротонов на эту камеру.

На однометровой водородной пузырьковой камере осуществлен режим "два расширения за цикл работы ускорителя".

◇ *Завершен перевод системы блоков быстрой электроники в общую систему "КАМАК-Вишня".* Начата разработка блоков быстрой электроники на интегральных схемах в системе КАМАК. Создан быстрый цифровой универсальный процессор для отбора событий рассеяния в физическом эксперименте. Ряд блоков быстрой электроники передан для производства в ЦЭМ.

◇ *Развитие вычислительной техники в лаборатории.*

а/ Разработан набор из 12 основных блоков системы цифровой электроники в стандарте КАМАК для связи устройств физического эксперимента с ЭВМ /БЭСМ-4, НР2116В, ТРА/: индикатор десятичный ИНД 521, блок сопряжения с печатью типа БЗ-15 БСП-541, блок сопряжения с перфоратором типа ПЛ150/ пл. 80 БСП-542, контроллер печати КП-641 и другие.

б/ Созданы системы для вывода информации из установки "Фотон" в объеме четырех крейтов КАМАК, для контроля медленного вывода пучка из ускорителя - в объеме 1 крейта и т.д.

в/ Проведена модернизация ЭВМ БЭСМ-4. Совместно с сотрудниками Лаборатории вычислительной техники и автоматизации установлена фортранная станция для связи с ЭВМ БЭСМ-6.

◇ *Искровые и пропорциональные камеры.*

а/ Создана и испытана в условиях физического эксперимента двухкоординатная разборная пропорциональная камера размером  $0,6 \times 0,3 \text{ м}^2$ .

Эксплуатируется система индикации пучка частиц на основе двух пропорциональных камер. Разработан набор электронных блоков для пучковых пропорциональных камер.

б/ В Центральном экспериментальном мастерских налажено производство 14 типов блоков в системе КАМАК на инте-

гральных схемах для систем регистрации информации с проволочных искровых камер. Издан проспект с описанием параметров разработанных блоков.

◇ *Криогенная техника.* Велись разработки, монтаж, наладочные работы, эксплуатация криогенных частей физических экспериментальных установок.

Проводились работы со сверхпроводящими установками, созданными в лаборатории. Совместно с сотрудниками ОНМУ и ЦЭМа производились сборка, наладка, испытание узлов "кольцетрона".

Ожижено газов: гелия - 25 500 л, водорода - 34 000 л.

◇ *Химическая обработка фотопленок и ядерных фотозмульсий.* В лаборатории запущена в эксплуатацию новая высокопроизводительная проявочная машина и комплекс оборудования, обеспечивающий ее работу.

С пузырьковых, стримерных и искровых камер ОИЯИ обработано 274 тыс. м пленки шириной от 35 мм до 80 мм.

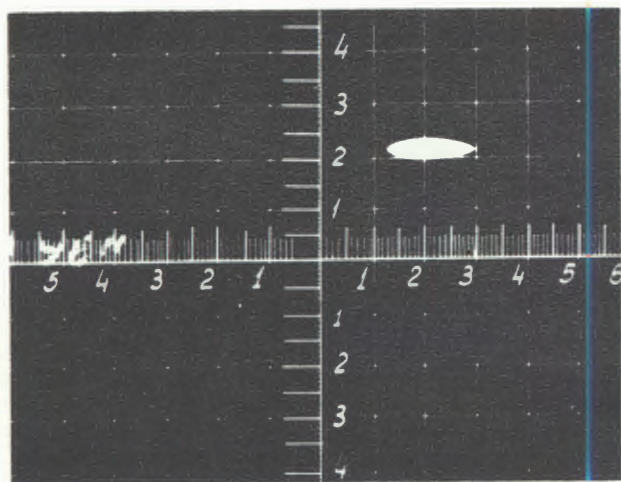
Проводились испытания новых фотопленок.

Проявлена фотозмульсионная камера "Интеркосмос" /50 л эмульсии/. Для ряда институтов СССР обработано 17 камер /6 л эмульсии/, в том числе 2 камеры, облученные протонами 200 Гэв на ускорителе в Батавии.

Часть камер, облученных протонами 70 Гэв, отправлена в Ханой /ДРВ/, Гаухати /Индия/ и в институты СССР.

### Усовершенствование синхрофазотрона

Осуществлен медленный вывод ускоренного пучка протонов из синхрофазотрона. Для этого был проведен монтаж и наладка системы резонансного возбуждения радиальных бетатронных колебаний пучка, внутри камеры ускорителя и вне



20. Сечение пучка при медленном выводе частиц из синхрофазотрона ЛВЭ.

ее установлена соответствующая аппаратура. С помощью резонанса  $2/3$  на раскочке внутреннего пучка синхрофазотрона произведен за время  $400$  мсек с эффективностью больше  $90\%$  медленный вывод протонов из ускорителя в измерительный павильон. Смонтирован канал

внешней транспортировки выведенного пучка, и установлена ловушка в конце измерительного павильона. На расстоянии  $30$  м от ускорителя пучок сфокусирован в пятно размером  $4$  мм  $\times$   $18$  мм /рис. 20/. . Проводятся работы по усовершенствованию узлов системы медленного вывода и подготовке экспериментов на выведенном пучке. Для диагностики выведенного пучка и управления процессом медленного вывода создается аппаратура.

#### Эксплуатация синхрофазотрона

Запланированное время работы ускорителя -  $4091$  час.

Ускоритель работал:

- а/ на экспериментальные исследования по физике элементарных частиц  $1628$  час со средней интенсивностью  $5,5 \cdot 10^{10}$  ускоренных протонов или  $1,5 \cdot 10^{10}$  ускоренных дейтронов за цикл ускорения,
- б/ на совершенствование систем ускорителя  $1819$  час.



## Лаборатория ядерных проблем

В 1972 году научно-исследовательская деятельность лаборатории велась по трем главным направлениям:

- исследования по актуальным вопросам физики элементарных частиц и атомного ядра на синхроциклотроне и синхрофазотроне ОИЯИ, а также протонном синхротроне ИФВЭ;

- разработки, связанные с реконструкцией действующего синхроциклотрона в сильноточный фазотрон;

- развитие методов исследований, включая создание крупных установок для проведения экспериментов на ускорителе ИФВЭ и сильноточном фазотроне.

## Научно-исследовательские работы

Проверка симметрий взаимодействия и законов сохранения.

Структура частиц

◇ *Мю-захват в водороде.* На синхроциклотроне завершен сложный эксперимент по определению вероятности одного из фундаментальных процессов слабого взаимодействия - процесса  $\mu^- p \rightarrow n \nu \mu$ . Особая ценность результата состоит в том, что он получен для захвата в газобразном водороде. В этом случае захват происходит преимущественно из синглетного состояния водородного мезоатома, что позволяет непосредственно получать информацию о константах слабого четырехфермионного взаимодействия в определенном спиновом состоянии системы  $\mu^-$ -мезон-протон.

Эксперимент проводился в специально созданной для этой цели низкофоновой лаборатории, куда с помощью тракта был

выведен пучок мюонов. Для выделения остановок мюонов в водороде / при давлении 40 атм/ применялись сцинтилляционные счетчики из CsJ (Tl), ограничивающие газовый объем. Нейтроны от мю-захвата детектировались сцинтилляционными стильбеновыми счетчиками с разделением нейтронов от гамма-квантов по форме импульса. Информация, поступающая с детекторов, обрабатывалась с помощью многомерного анализатора и ЭВМ "Минск-22", работающей на линии с экспериментальной установкой.

Измеренная скорость процесса  $\mu^- p \rightarrow n \nu_\mu$  составляет:  $R = /686 \pm 88/ \text{сек}^{-1}$ , что вполне удовлетворительно согласуется со значением  $626 \pm 26$ , вычисленным в рамках теории универсального четырехфермионного слабого взаимодействия, и существенно улучшает достоверность экспериментальной проверки этой теории.

В этих же опытах получены данные о сечении рассеяния  $p \mu^-$ -атомов на водороде. Эти данные подтверждают обнаруженный ранее в лаборатории /в опытах с диффузионной камерой/ резонансный характер процесса рассеяния  $p \mu^-$ -атомов на водороде.

◇ Измерение нуклонного и пионного формфакторов во времениподобной области передаваемых импульсов осуществлено при исследовании реакции обратного электророждения  $\pi^- p \rightarrow n e^+ e^-$  при энергии пионов 276 Мэв. Сечение процесса для углов испускания электронов около  $90^\circ$  относительно направления  $\tau^-$

мезонов найдено равным  $\frac{d^2\sigma}{d\Omega_1 \cdot d\Omega_2} = /4,0 \pm 0,6/ \cdot 10^{-33} \text{ см}^2 / \text{стер}^2$

Анализ полученных данных в предположении равенства формфактора пиона  $F_\pi$  и изовекторного формфактора нуклона  $F_I^V$  дает следующие значения формфакторов:

$K^2$ /ферми/ <sup>-2</sup>	$F_\pi = F_I^V$
1,7	1,10±0,07
2,2	1,14±0,06
2,9	1,30±0,07

Аппроксимация этих значений зависимостью  $F_\pi = F_I^V = 1 + \frac{1}{6} r_{F_I^V}^2 K^2 \equiv 1 + \frac{1}{6} r_\pi^2 \cdot K^2$  определяет электромагнитный радиус пиона и нуклона /  $r_\pi = r_{F_I^V} = /0,75 \pm 0,14/ \text{ ферми}$  / в соответствии со значением  $r_{F_I^V} = 0,72 \text{ ферми}$  из опытов по электрон-протонному рассеянию.

Рассмотрение формфакторов пиона и нуклона в качестве независимых величин дало следующие результаты:

$K^2$ /ферми/ <sup>-2</sup>	$F_I^V$	$F_\pi$
1,7	0,8-1,2	0,5-1,2
2,2	0,6-1,3	1,2
2,9	1,4 <sup>+0,1</sup> <sub>-0,2</sub>	1,2 <sup>+0,2</sup> <sub>-0,3</sub>

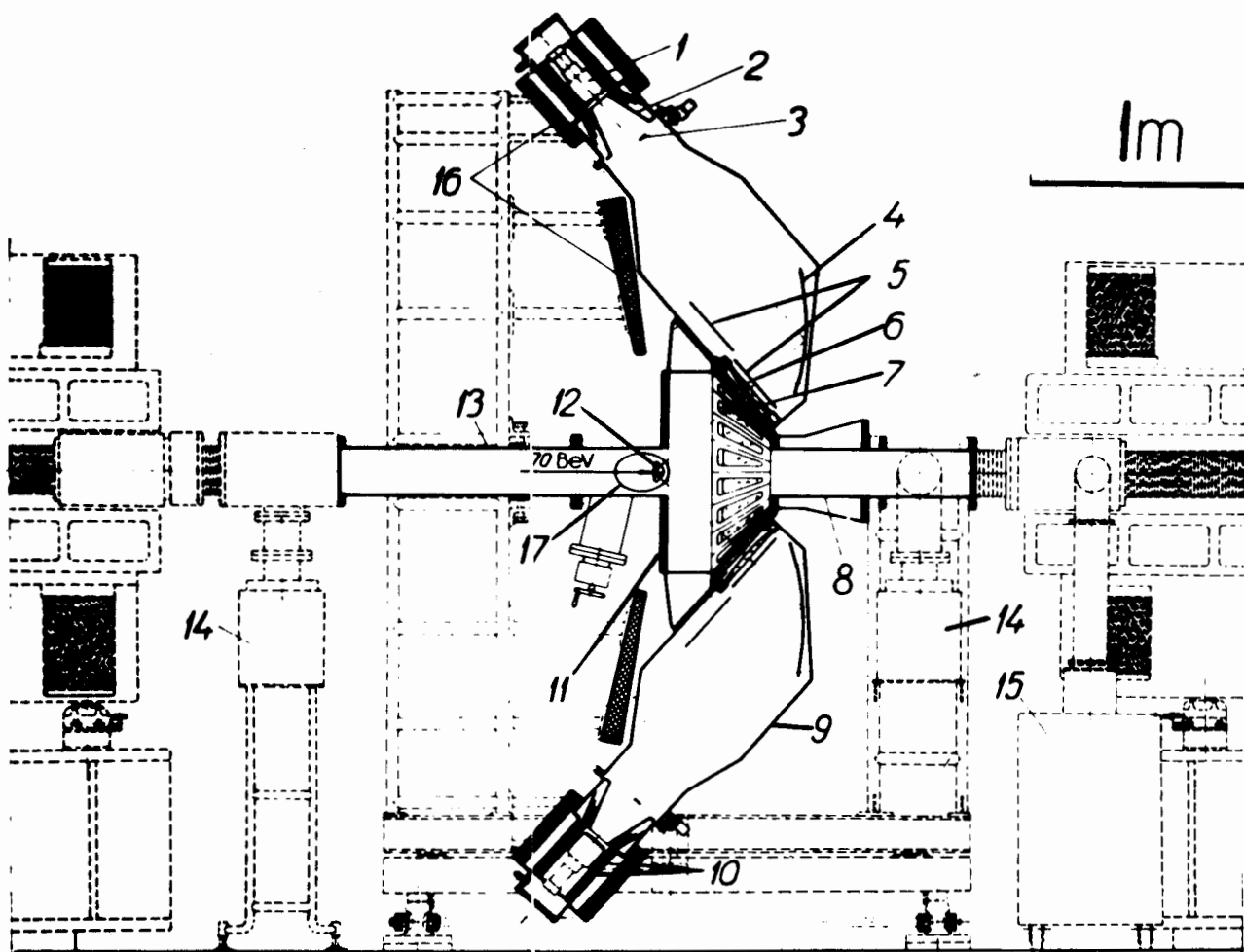
Это первые данные о структуре нуклона во времениподобной области передаваемых импульсов ( $K^2 > 0$ ), они принципиально расширяют наши знания о структуре нуклонов. Данные о  $F_\pi$  также получены при таких значениях  $K^2$ , где информация до сих пор отсутствовала.

◇ В работах по поиску гипотетического магнитного заряда - монополя Дирака закончены основные измерения на протонном синхротроне ИФВЭ. Для идентификации магнитного монополя использовались особенности характеристик /интенсивность, поляризация/ излучения Вавилова-Черенкова от магнитного заряда, движущегося в веществе. Установка отличается высокой эффективностью для поиска магнитных зарядов благодаря совмещению в ней мишени и радиатора. В от-

личие от ранее использовавшихся устройств установка позволяет вести поиск даже нестабильных магнитных зарядов со временем жизни вплоть до  $10^{-10}$  сек. В результате измерений установлено, что сечение рождения магнитных зарядов протонами с энергией 70 Гэв в соударениях нуклонов с ядрами кремния и кисло-

рода для масс монополей от 3 до 5,5 протонных масс и магнитных зарядов от  $g \cong \cong 40 e$  до  $g \cong 137 e$  на 95%-ном уровне статистической достоверности не превосходит  $10^{-40}$  см<sup>2</sup>.

♦ В опытах по проверке закона сохранения лептонного заряда путем поиска запрещенного этим законом распада  $\mu^+ \rightarrow$



21. Схема установки по поиску монополя Дирака: 1 - ФЭУ, 2 - коническое зеркало, 3 - шторки, 4 - плоские зеркала, 5 - поляриды, 6 - собирающая линза, 7 - прозрачное окно, 8, 13 - соединительные трубы, 9 - кожух оптического рукави, 10 - магнитная защита ФЭУ, 11 - вакуумная камера, 12 - кварцевая мишень-радиатор, 14 - титановые насосы, 15 - вакуумный пост, 16 - свинцовая защита, 17 - шлюз для ввода мишени-радиатора.

$\rightarrow e^+ e^- e^+$  установлено, что на 90%-ном уровне достоверности относительная вероятность процесса  $R \leq 3,2 \cdot 10^{-9}$ .

### Взаимодействия пионов и нуклонов с нуклонами и ядрами

◇ В экспериментах с пропановой пузырьковой камерой на пучке пионов с импульсом 5 Гэв/с получены следующие результаты:

а/ Впервые выделены каналы большого ряда редких, идущих с малыми сечениями реакций с образованием в одном акте нескольких странных частиц и нейтральных мезонов, и определены их сечения.

В частности:

$$\sigma(\pi^- p \rightarrow \pi^+ \pi^- \Sigma^0 K^0 \pi^0) = 29,6 \pm 34,8 \text{ мкбарн,}$$

$$\sigma(\pi^- p \rightarrow K^+ \pi^- \Lambda^0 \pi^0 \pi^0) = 19,6 \pm 13,6 \text{ мкбарн,}$$

$$\sigma(\pi^- p \rightarrow \pi^+ \pi^- \Lambda^0 K^0 \pi^0 \pi^0) = 52,6 \pm 23,6 \text{ мкбарн,}$$

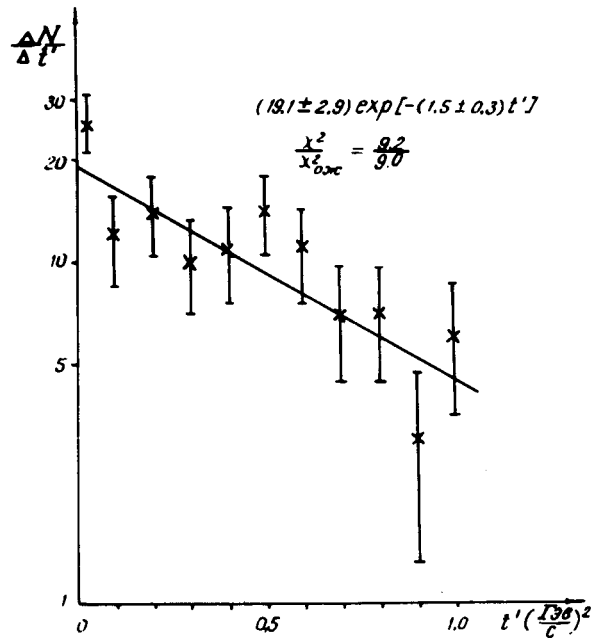
$$\sigma(\pi^- p \rightarrow K^+ \pi^- \Lambda^0 \pi^0) = 56,8 \pm 16,2 \text{ мкбарн,}$$

$$\sigma(\pi^- p \rightarrow K^+ \pi^- \Sigma^0 \pi^0) = 54,8 \pm 14,1 \text{ мкбарн,}$$

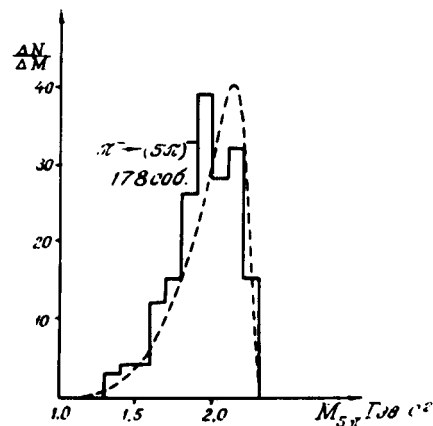
$$\sigma(\pi^- p \rightarrow \pi^+ \pi^- \Lambda^0 K^0 \pi^0) = 81,0 \pm 36,0 \text{ мкбарн.}$$

Эти сечения сравнимы с сечениями других каналов с  $\Lambda^0$ -гипероном в конечном состоянии. Полученные данные показывают также, что реакция  $\pi^- p \rightarrow K^+ \pi^- \Lambda^0$  идет преимущественно по квазидвухчастичному каналу  $K^* \Lambda$  или  $K^* \Lambda$ . Сечения указанных реакций определены благодаря разработке новой методики идентификации каналов реакций.

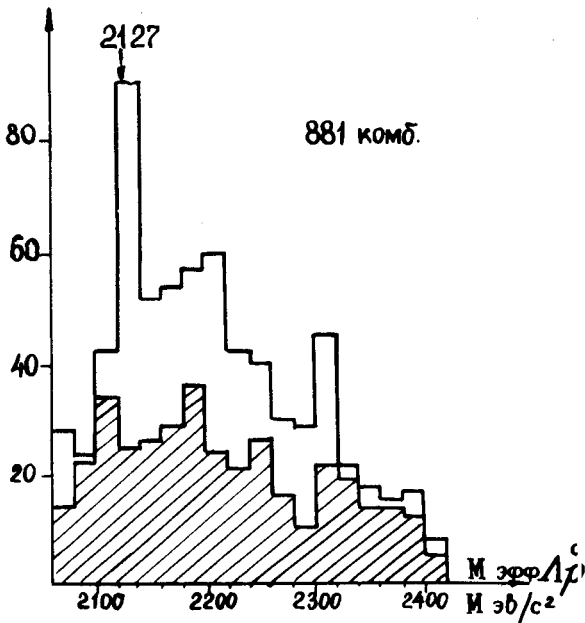
б/ Измерен спектр  $\Lambda^0$ -системы на основании более 500 событий  $\pi^-$ -взаимодействий с рождением  $\Lambda^0$ -гиперонов в сопровождении протонов. В спектре не



22. Распределение событий в реакции  $\pi^- N \rightarrow \pi^- \pi^- \pi^- \pi^+ \pi^+ N$  при энергии 5 Гэв по 4-импульсу  $t' = (t - t_{\min})$ , передаваемому системе пяти  $\pi$ -мезонов.



23. Распределение событий по эффективным массам пяти  $\pi$ -мезонов из реакции  $\pi^- N \rightarrow \pi^- \pi^- \pi^- \pi^+ \pi^+ N$  при энергии 5 Гэв. Кривая - расчеты методом Монте-Карло /статистическая модель/.



24. Спектр эффективных масс  $\Lambda_p$ -системы, образующихся во взаимодействиях  $\pi^-$ -мезонов с углеродом при энергии 5 Гэв. Заштрихованная гистограмма получена на основании данных для событий с протонами, остановившимися в камере.

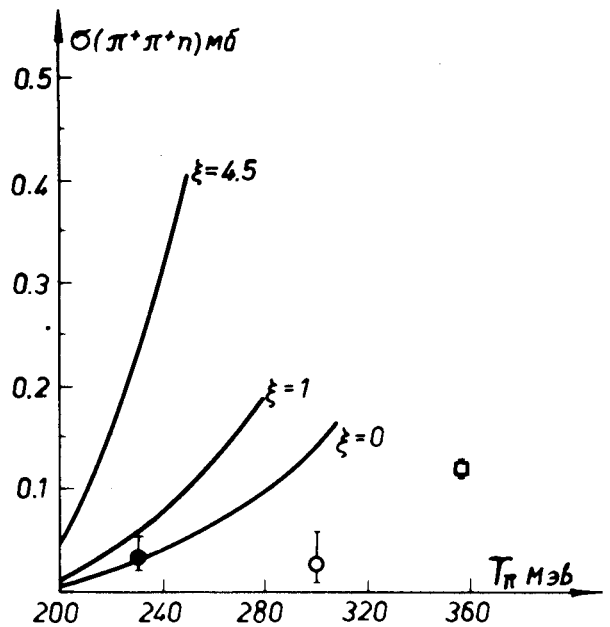
наблюдается каких-либо статистически достоверных аномалий за исключением максимума при  $2130 \pm 20$  Мэв/с<sup>2</sup>. Этот максимум был отмечен ранее в работах ряда авторов, исследовавших  $K^-d$ -взаимодействия, и с большой вероятностью обусловлен  $\Sigma N$ -взаимодействием в конечном состоянии.

в/ Получены новые данные о процессе  $\pi^-p \rightarrow p\pi^+\pi^-\pi^-$ . На основе изучения свыше 1700 случаев этой реакции показана применимость методики LPS-анализа при импульсе налетающих пионов 5 Гэв/с. Сравнение результатов анализа с данными при более высоких энергиях обнаруживает постоянство сечения дифракционной диссоциации налетающей частицы /пиона/ и мишени /нейтрона/ с точностью около 10% в диапазоне энер-

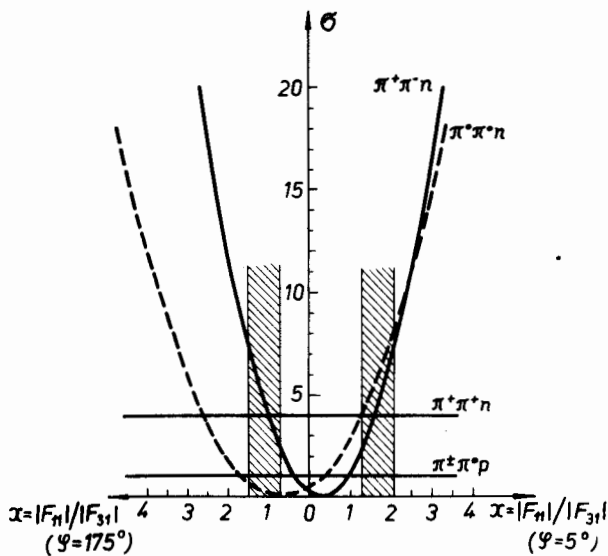
гий пучка пионов от 5 Гэв до 16 Гэв. Эффективные сечения реакции в секторах фазового пространства продольных импульсов, где процесс не связан с дифракционной диссоциацией, падают в соответствии с предсказанием модели одно-мезонного обмена.

г/ Продолжались исследования процессов дифракционной диссоциации пионов на ядрах углерода при значении импульса налетающих пионов 5 Гэв/с, близком к порогу реакции. Для реакции с образованием пяти пионов  $\pi^-C^{12} \rightarrow 3\pi^-2\pi^+C^{12} +$  нейтральные частицы/ получена оценка эффективного сечения:  $\sigma \leq 36$  мкбарн /уровень достоверности 90%/.

◇ Определено полное сечение реакции  $\pi^+p \rightarrow \pi^+\pi^+n$  при энергии пионов



25. Сечение реакции  $\pi^+p \rightarrow \pi^+\pi^+n$ . Экспериментальные точки: ● - данные Дубны /1972/; ○ - ЦЕРН /1963/; □ - Беркли /1962/. Кривыми показаны теоретически полученные сечения, вычисленные при разных значениях параметра  $\xi$ .



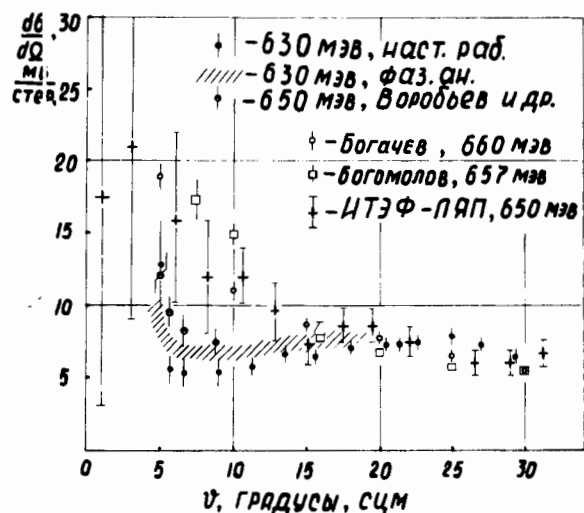
26. Зависимость сечений реакций  $\pi N \rightarrow \pi \pi N$  от параметра  $x$ . За единицу принято сечение реакций  $\pi^\pm p \rightarrow \pi^\pm p^0$ . Заштрихованные полосы указывают найденные значения  $x$  при разности фаз изотопических амплитуд  $F_{31}$  и  $F_{11}$ , равных  $\phi = 5^\circ$  и  $\phi = 175^\circ$  соответственно.

230 Мэв. Найденное значение совместно с данными о сечении реакции  $\pi^- p \rightarrow \pi^+ \pi^- n$ , полученными в лаборатории ранее, исключает одно из двух наиболее вероятных значений параметра  $\xi = 4,5$  в теории "мягких" пионов и согласуется со значением  $\xi = 0$ , т.е. подтверждает вариант Вайнберга в теории "мягких" пионов.

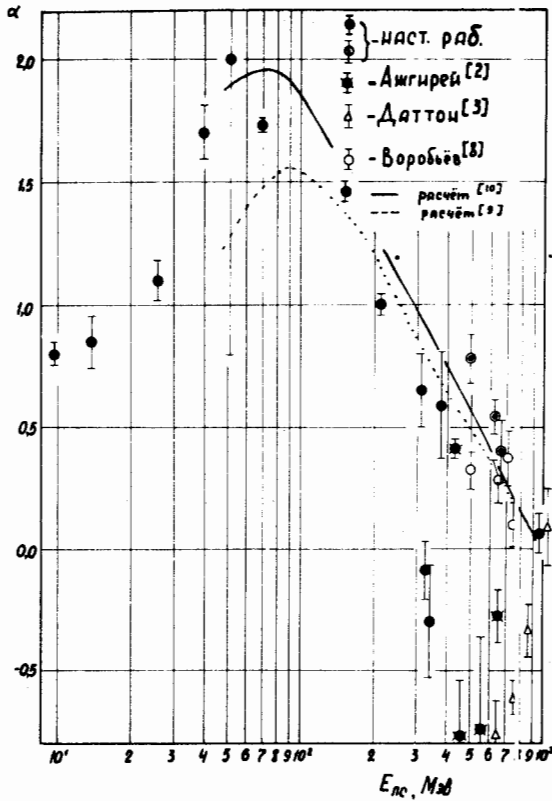
Новые данные о сечениях определяют также допустимые значения отношения изотопически-инвариантных амплитуд реакций  $\pi N \rightarrow \pi \pi N$  в состояниях  $P_{11}$  и  $P_{31}$  на пороге рождения мезона. Этот результат позволяет оценить возможности низкоэнергетической теории реакций  $\pi N \rightarrow \pi \pi N$  /Грибов, Ансельм, Анисович/ в определении длин  $\pi\pi$ -рассеяния.

◇ Дифференциальное сечение протон-протонного рассеяния измерено при энергии 630 Мэв в области малых углов  $/2,2 \pm 13^\circ$  л.с./, включающей область кулон-ядерной интерференции. Экспериментальные точки для углов  $2,2-6,5^\circ$  л.с. легли значительно ниже данных, полученных другими авторами при энергиях 650-660 Мэв и приводивших после обработки к резкому расхождению с предсказаниями теории дисперсионных соотношений. Экстраполяция новых данных к углу рассеяния  $0^\circ$  дает для реальной части бесспиновой амплитуды упругого рассеяния  $Re A_{pp}(0^\circ)$  значение  $/0,54 \pm 0,06/ \cdot 10^{-13}$  см, находящееся в хорошем согласии с предсказанием теории.

◇ Получены первые данные в совместном эксперименте ЛЯП ОИЯИ - Сакле-ИФВЭ по измерению поляризации и поворота спина в  $\pi^- p$ -рассеянии при импульсе пионов 40 Гэв/с. Установка с поляризованной мишенью собрана на пучке пионов протонного синхротрона



27. Угловая зависимость дифференциального сечения  $pp$ -рассеяния при энергиях 630, 650 и 660 Мэв.

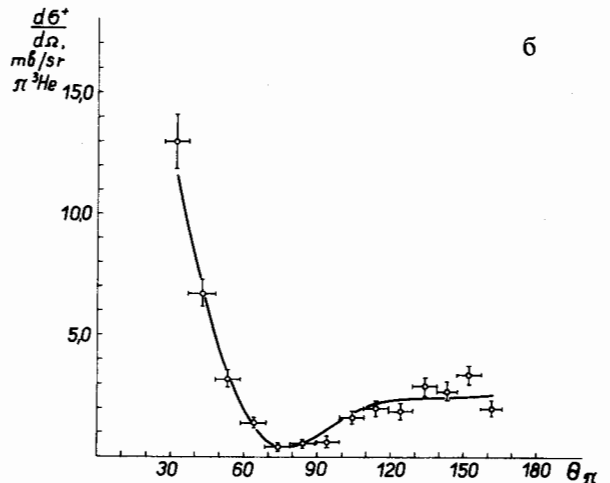
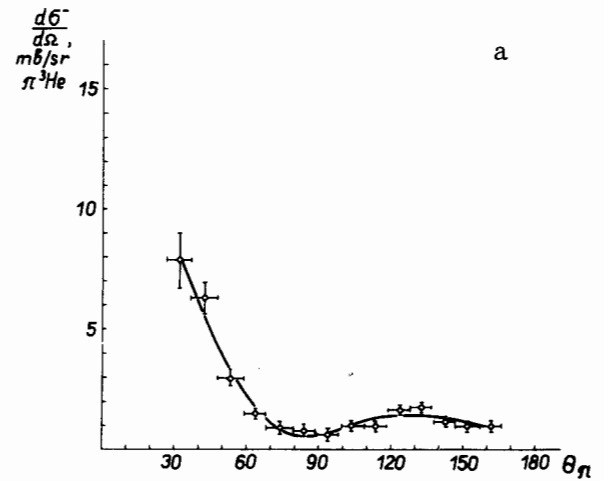


28. Энергетическая зависимость параметра  $\alpha = \frac{\text{Re } A(0)}{I \text{m } A(0)}$  для  $pp$ -рассеяния.

ИФВЭ. Поляризация определена при 14 значениях квадрата переданного импульса от 0,01 до 1,01 /Гэв/с/. Установлено, что максимальная величина поляризации составляет около 6%.

◆ Упругое рассеяние пионов гелием-3 и гелием-4 исследовалось в целях получения детальной информации об упругом рассеянии пионов в районе (3/2, 3/2)-резонанса и использования этих данных для нахождения электромагнитного радиуса пиона. Программа экспериментов, в которых вместе с сотрудниками ОИЯИ участвуют физики институтов НРБ, СРР и Италии, реализуется на спектрометре

со стримерной камерой высокого давления, наполненной гелием. В 1972 году в экспозициях на тонком пучке синхротрона получено свыше 700 тысяч фотографий случаев взаимодействия пионов с гелием, из них более 500 тысяч - на камере, наполненной гелием-3. Такая



29. Угловые зависимости дифференциальных сечений упругого рассеяния  $\pi^-$ -мезонов /а/ и  $\pi^+$ -мезонов /б/ с энергией 100 Мэв ядрами  $^3\text{He}$ .

методика используется в практике физического эксперимента впервые.

Измерены дифференциальные сечения упругого рассеяния  $\pi^+$ - и  $\pi^-$ -мезонов с энергией 100 Мэв ядрами гелия-3 в диапазоне углов 25-165° с.ц.м. Плоские сечения процессов найдены равными  $\sigma(\pi^+He^3) = 43,6 \pm 1,8$  мбарн и  $\sigma(\pi^-He^3) = 31,0 \pm 1,3$  мбарн. Сравнение данных о  $\pi He^3$ -рассеянии с полученными ранее на той же установке данными о  $\pi He^4$ -рассеянии показывает существенное различие сечений этих процессов, что позволяет определить разность сечений с хорошей точностью.

Анализ  $\pi He^4$ -рассеяния обнаружил неоднозначность фазового набора для описания упругого рассеяния. Установлено, какое из этих решений является правильным. Тем самым объяснены значительные расхождения, существовавшие в литературе при интерпретации  $\pi He^3$ -рассеяния, в том числе и относящиеся к определению радиуса пиона. Установлено также, что резонанс в  $\pi He^4$  упругом рассеянии имеет место при меньшей энергии пионов /140 Мэв/, чем в случае  $\pi p$ -рассеяния /180 Мэв/.

### Ядерная структура и механизм ядерных реакций

♦ В эксперименте по изучению реакции ( $\pi^+$ , 2p) на ядрах лития при энергии 85 Мэв впервые получены данные об угловой зависимости сечений и полной угловой корреляции протонов. Обработка около 10 тыс. актов реакции, зарегистрированных методикой искровых камер, позволила определить сечения процесса для шести наборов пар углов испускания протонов в случае ядра-мишени  ${}^6Li$  и трех наборов - в случае  ${}^7Li$ . Экспериментальные распределения событий, относящихся к захвату пио-

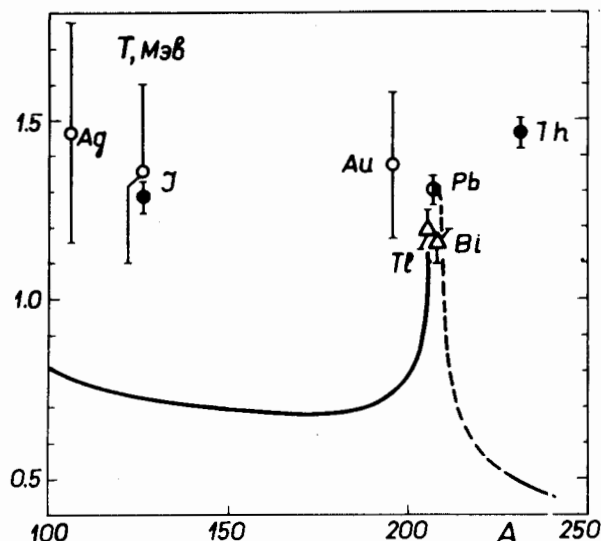
на квазидейтроном  $p$ -оболочки, по углу разлета протонов, по углу Треймана-Янга, по импульсу остаточных ядер хорошо описываются расчетом в предположении полюсного характера реакции и при использовании кластерной модели строения ядра  ${}^6Li$ , развитой теоретиками НИИЯФ МГУ. Абсолютное значение сечения захвата пиона квазидейтроном  $p$ -оболочки более чем в полтора раза превышает значения соответствующих сечений для захвата свободным дейтроном. Для захвата квазидейтронами  $s$ -конфигурации такое превышение равно 2-3. Результаты опыта позволяют непосредственно провести количественную проверку широко применяемого в теории предположения о тождественности взаимодействия пионов с ядерными квазидейтронами и свободными дейтронами.

♦ Измерены спектры нейтронов от мю-захвата ядрами  ${}^{127}J$ ,  ${}^{208}Pb$ ,  ${}^{232}Th$ . Форма спектров хорошо описывается "испарительной" моделью с одним параметром - ядерной температурой  $T$ .

Вопреки предсказанию статистической модели значения параметра  $T$  для указанных ядер с точностью в 5% совпадают. Этот результат можно интерпретировать как первое указание на то, что возникающие в процессе мю-захвата квазисвязанные возбужденные состояния распадаются с переходом в малочастичные возбужденные состояния остаточного ядра без диссипации энергии возбуждения по многочастичным состояниям.

♦ Исследованы реакции захвата остановившихся пионов ядрами  ${}^{16}O$  и  ${}^{14}N$ , сопровождающиеся образованием ядра  ${}^8Li$ . Фотоэмульсионной методикой измерены энергетические и угловые распределения вторичных частиц и распределения по эффективным массам различных подсистем частиц в конечном состоянии: ( ${}^2He, n$ ), ( ${}^4He, n$ ), ( ${}^4He, p, n$ ) и др.





30. Сравнение данных об энергетических спектрах нейтронов из ядерного  $\mu^-$ -захвата с предсказанием статистической модели реакции. На рисунке приведены значения "температуры" ядра, полученные по спектрам, измеренным в работах:  $\circ$  - Беркли /1963/,  $\Delta$  - ЦЕРН /1971/,  $\phi$  - Дубны /1969/ и ЦЕРН /1971/ - среднее,  $\bullet$  - Дубны /1972/. Сплошной линией показана зависимость "температуры" ядра, определенной с 10%-ной точностью, в различных ядерных реакциях, описываемых статистической моделью для энергии возбуждения  $\sim 18-20$  Мэв.

Оценен относительный вклад захвата на нуклонных ассоциациях с числом нуклонов от 2 до 6.

◆ Осуществлен поиск трансураниевых элементов при облучении вольфрама и урана протонами с энергией 70 Гэв. Во фракции актинидов, выделенной из урана, зарегистрирован  $^{246}\text{Cf}$ , образующийся с сечением  $\sigma \approx 10^{-35} \text{ см}^2$ . Более тяжелые элементы обнаружены не были /  $\sigma < 2 \cdot 10^{-38} \text{ см}^2$  /. Этот результат не подтверждает предположения, сделанного учеными Резерфордской лаборатории о наблюдении спонтанного деления изотопа элемента 112, обра-

зующегося в результате вторичных реакций в вольфраме под действием протонов с энергией 24 Гэв.

## Спектроскопия нейтрондефицитных ядер.

### Короткоживущие изотопы. Радиохимия

Проведен широкий круг исследований в соответствии с программой ЯСНАПП.

◆ Изучены спектры  $\gamma$ -лучей конверсионных электронов и  $\gamma\gamma$ -совпадения для удаленных от полосы стабильности короткоживущих изотопов  $\text{Yb}$ ,  $\text{Tm}$ ,  $\text{Er}$ ,  $\text{Ho}$ . Получены экспериментальные данные о кориолисовом взаимодействии уровней в ядрах эрбия-159, -161, -163. Кроме ранее установленных изомеров гольмия-158 и гольмия-160, обнаружены новые квазидвухчастичные состояния. Идентифицированы уровни четно-четных ядер диспрозия /  $A = 158$ ,  $A = 160$  /, предсказываемые "сверхтекучей" моделью ядра, а также состояния гамма- и бета-полос.

◆ Свойства возбужденных состояний ядер изучены в области чисел нейтронов 40 и 50 и протонов - 40. Построены схемы распада изомеров  $^{83}\text{Y}$  и  $^{83m}\text{Y}$ . Установлено, что при распаде изомеров возбуждаются дырочно-нейтронные уровни типа  $(P_{1/2})^{-1}$ ,  $(P_{3/2})^{-1}$ ,  $(f_{5/2})^{-1}$ ,  $(P_{1/2})^{-2}$  и состояния с сеньорити, равным 3. Исследованы короткоживущие изотопы  $^{88m}\text{Nb}$  и  $^{87}\text{Nb}$ . Впервые построена схема распада  $^{88m}\text{Nb}$ . Открыт новый изотоп  $^{77}\text{Nb}$ .

◆ Проведены широкие исследования возбужденных состояний полумагических ядер с числом нейтронов  $N = 82$  и нейтрондефицитных изотопов тербия; установлены схемы распада ряда изотопов  $\text{Nd}$  и  $\text{Pr}$  с периодом полураспада до 4-5 мин. Методом задержанных электрон-гамма-совпадений определены времена жизни возбужденных состояний в нейтро-

нодефицитных ядер  $^{163}\text{Er}$ ,  $^{165}\text{Er}$ ,  $^{153}\text{Tb}$ ,  $^{154}\text{Gd}$ ,  $^{135}\text{La}$ . Путем изучения возмущенных угловых  $\gamma\gamma$ -корреляций исследованы возбужденные состояния в ядре  $^{151}\text{Gd}$ . Для  $g$ -фактора уровня с энергией 108 кэв получено значение  $-0,54_{-0,10}^{+0,07}$ . Совместно с группой ученых Сассекского университета изучены  $\gamma\gamma$ - и  $\beta\gamma$ -корреляции в ядре  $^{152}\text{Gd}$ .

◆ Завершена разработка экспрессных методов газотермохроматографического выделения десяти радиоактивных элементов для ядерно-спектроскопических исследований. Предложена методика масс-сепарации и разделения изотопов актинидных элементов. Отдел ядерной спектроскопии и радиохимии Лаборатории ядерных проблем продолжал обеспечивать поставку изотопов в институты стран-участниц ОИЯИ.

### Электронная структура вещества

Интенсивно развивались методы исследований электронной структуры вещества с помощью  $\pi$ - и  $\mu$ -мезонов. Выяснялись принципиальные вопросы, возникающие при изучении кинетики химических реакций, химического строения сложных соединений, процессов распространения энергии при возбуждении больших молекул, а также при решении некоторых проблем физики твердого тела.

◆ Исследована плотность валентных электронов в молекулах ряда органических веществ методом изучения вероятности перезарядки отрицательных пионов на связанных протонах этих веществ. Обнаружено, что замена атома водорода в предельном углеводороде на группу OH приводит к сильному смещению плотности валентных электронов к OH-группе.

Аналогичные результаты получены также для производных бензола.

Данные этих экспериментов имеют большое значение для решения прикладных задач, так как именно электронная плотность определяет химические свойства вещества.

◆ Измерена остаточная поляризация отрицательных мюонов, захватываемых молекулами алифатических спиртов и хлоралкилов. Найдено, что величина поляризации возрастает с ростом длины цепи, достигает максимума и спадает, стремясь к определенному предельному значению. Такое характерное поведение поляризации интерпретировано на основе модели, учитывающей быстрые химические реакции мезоатома и возможность миграции энергии возбуждения в цепи углеродных атомов.

◆ Исследованы закономерности захвата отрицательных мюонов в замещенных органических и водородсодержащих соединениях. Измерены относительные вероятности захвата мюонов водородсодержащими группами в 35 соединениях с ионной связью / $\text{NH}_4\text{F}$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$  и др./, углеводородными группами в хлоридоалкилах / $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$ ,  $\text{C}_4\text{H}_9\text{Cl}$  и др./, ароматическим кольцом в галоидобензолах / $\text{C}_6\text{H}_5\text{F}$ ,  $\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl}$  и др./ и углеводородными группами в кислородсодержащих соединениях типа  $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$ ,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{O}_2$  и др. Обнаружено, что для большинства соединений типа  $Z_m\text{H}_n\text{Z}'$  наблюдается преимущественная по сравнению с Z-зависимостью посадка мюония на водородсодержащие группы.

### Теоретические исследования

Тематика теоретических исследований в лаборатории в основном связана с изучением возможности постановки но-

вых экспериментов на синхроциклотроне после его реконструкции в сильноточный фазотрон и на магнитном искровом спектрометре ОИЯИ, установленном на 7С Гэв ускорителе в Серпухове.

◇ *Построена теория когерентного и некогерентного рождения частиц*, опирающаяся на теорию многократного рассеяния. Получено обобщение формул оптической модели на случай рождения частиц в недифракционных процессах, вызываемых бесспиновыми мезонами и  $u$ -квантами на легких и средних ядрах. Показана возможность определения полного сечения взаимодействия продольно поляризованных нейтральных вектонов с нуклонами в опытах по рождению нейтральных вектонов в пион-ядерных соударениях. Полное сечение взаимодействия поперечно поляризованных вектонов может быть измерено при наблюдении когерентного фоторождения векторных мезонов.

◇ *Показана возможность определения спина и четности*  $\omega$ - и  $\kappa$ -гиперонов при изучении когерентного рождения барион-антибарионных пар мезонами высоких энергий на ядрах.

◇ *Рассмотрены электромагнитные эффекты в поляризации барионов* в мезон-нуклонном и барион-ядерном рассеянии на малые углы. Обнаружено, что магнитный момент бариона вызывает в этих условиях значительные поляризационные эффекты. Указана возможность непосредственного определения мнимых и действительных частей адронных амплитуд рассеяния вперед.

◇ *Проанализированы эффекты* двукратного рассеяния в реакции  $d(p, 2p)$  при энергии протонов 600 Мэв в условиях симметричной геометрии разлетающихся протонов.

◇ *Названа возможная причина отсутствия у нуклона партнера по четности*,

существование которого следует из симметрии Грибова - Мак Доуэлла. Такой причиной может быть обращение в нуль вычета нуклонного полюса Редже. Путем анализа вершинных ядерных функций найдено, что такой нуль действительно существует. Из теории вытекают определенные особенности  $pd$ -рассеяния, в частности, следует ожидать характерных "провалов" в энергетической зависимости рассеяния назад при энергии протонов 1,13-1,19 Гэв.

◇ *Рассмотрена проблема определения магнитного момента  $\Delta$ -резонанса* при изучении процесса радиационного  $\pi^+p$ -рассеяния. Показано, что обсуждавшийся ранее в литературе метод определения зависит от модели взаимодействия. Учет рассмотренных поправок заметно уменьшает ожидаемый эффект, обусловленный магнитным моментом. Этот результат согласуется с полученными недавно в Беркли экспериментальными данными, которые не находят объяснения в рамках прежних теоретических расчетов.

◇ *Проведен парциально-волновой анализ* реакции  $\pi N \rightarrow \pi\pi N$  вблизи порога образования  $\Delta_{1236}$ -резонанса. Найдено, что  $S$ -волновая длина  $\pi\pi$ -рассеяния в состоянии с изоспином  $T=0$  равна  $a_0 = +(0,65 \pm 0,16) \lambda_\pi$ . На основе теории Грибова путем анализа имеющихся в литературе экспериментальных данных о  $\tau^\pm$ -распаде определены величины длин рассеяния в состояниях с изоспином  $T=0$  и  $T=2$ :  $|a_0| = (0,73 \pm 0,07) \lambda_\pi$  и  $|a_2| = (0,08 \pm 0,09) \lambda_\pi$ .

◇ *В связи с экспериментами по  $e p$  и  $e d$ -рассеянию на малые углы*, выполненными учеными Дубны, Еревана, Бухареста, проведена статистическая обработка всех имеющихся в мировой литературе данных об упругом  $e d$ -рассеянии в интервале квадрата переданного импульса  $0,3 F^{-2} \div 34,1 F^{-2}$ . Показано, что без

введения нормировочных множителей не-возможно получить удовлетворительного описания всех данных.

## Крупные экспериментальные установки.

### Новые методы исследования. Электроника

◇ *Осуществлен пробный запуск пьезометрового магнитного искрового спектрометра /МИС/, установленного на пискном пучке 76 Гэв ускорителя ИФВЭ. Запуску спектрометра предшествовало выполнение в 1972 году большого объема монтажных и наладочных работ: в ИФЭЭ смонтировано пятьдесят модулей искровых камер спектрометра, платформы, эстакады, высоковольтное оборудование и система непрерывной очистки газа. Собрана оптическая ферма спектрометра, и осуществлена наладка всей оптической системы, смонтированы и опробованы быстродействующие фоторегистраторы. Установлены на пучке и опробованы система сцинтилляционных счетчиков и электронная аппаратура для запуска искровых камер спектрометра. В результате завершения этих работ в декабре были получены первые фотографии треков частиц.*

Проведена опытная отладка электронной аппаратуры измерителя магнитного поля спектрометра и программного обеспечения в работе измерителя на линии с ЭВМ. Совместно с Лабораторией вычислительной техники и автоматизации разрабатываются программы обработки экспериментальной информации.

◇ *Введена в действие модель релятивистского спектрометра со стримерной*

камерой в магнитном поле и водородной мишенью /установка РИСК/. На модели отрабатывается система запуска высоковольтного питания, испытываются изготовленные в ГДР высоковольтные генераторы, определяются оптимальные параметры оптической системы. Созданы координатные детекторы длиной до 5 м с жидким сцинтиллятором.

◇ *Изготовлена аппаратура для опытов по поиску на ускорителе ИФВЭ новых тяжелых нестабильных частиц наблюдением наведенной радиоактивности.*

◇ *Завершены изготовление и монтаж на синхроциклотроне ОИЯИ нового протонного канала и магнитной фокусирующей  $\pi$ -мезоны линзы для ядерно-физических и медико-биологических исследований. Работа является дальнейшим развитием методов использования протонных пучков для медицинских целей, начатого Лабораторией ядерных проблем совместно с Институтом экспериментальной и клинической онкологии. Вслед за ОИЯИ протонная терапия стала проводиться в ИТЭФ. На медицинских пучках Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ и ИТЭФ к концу 1972 года прошли курс лечения около 200 онкологических больных.*

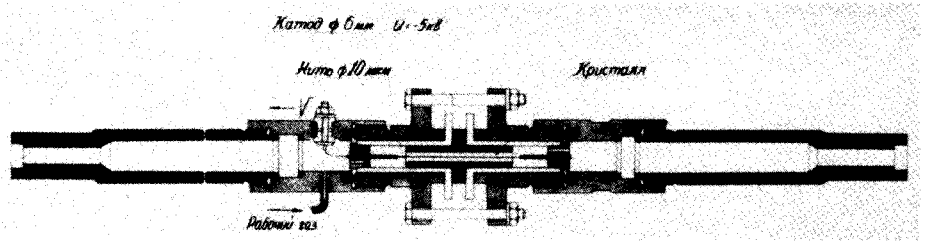
В настоящее время в Лаборатории ядерных проблем разработан и смонтирован комплекс оборудования для получения высокоинтенсивного  $\pi$ -мезонного пучка с энергией 30-40 Мэв: поворотной-фокусирующий тракт транспортировки протонного пучка, широкоугольная магнитная линза для фокусировки  $\pi$ -мезонов, ловушка для гашения протонного пучка и дополнительная радиационная защита. На этом пучке планируется проведение медико-биологических экспериментов по изучению возможности применения отрицательных  $\pi$ -мезонов в лучевой терапии онкологических больных, а также физических экспериментов, требующих высо-

кой плотности останавливающихся  $\pi$ -мезонов.

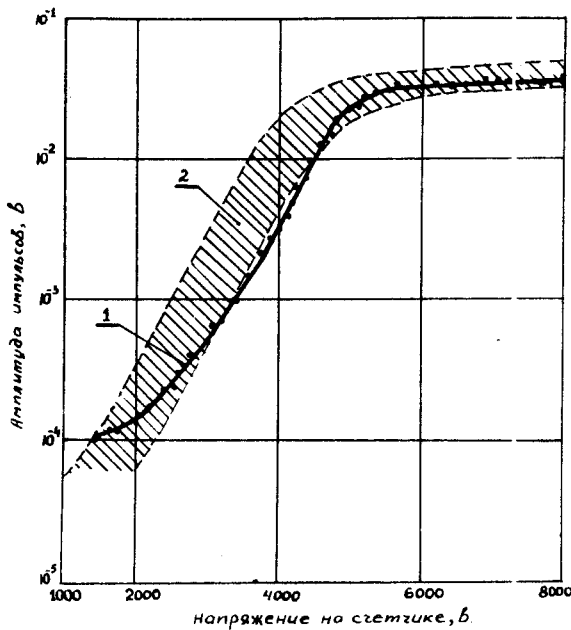
◇ Создан новый детектор частиц - кристаллический нитяной счетчик с твердым аргоном и ксеноном в качестве рабочего вещества. Счетчик обладает хорошей воспроизводимостью характеристик, имеет широкое счетное плато и большой  $\sim 150$  коэффициент пропорционального размножения электронов. Высокая стабильность работы счетчика открывает перспективы для создания и использования на ускорителях новых, более эффективных средств регистрации и идентификации частиц в виде многонитяных камер

большого размера с твердым наполнителем.

◇ Продолжалось развитие измерительного центра лаборатории. В расширенном комплекте работает на линии с экспериментальной аппаратурой ЭВМ "Хьюлетт-Паккард". Введены в действие новые устройства регистрации информации, в том числе система 16-мерного анализа и система предварительного отбора информации с помощью цифровых дискриминаторов. Разработана компактная счетная система на интегральных схемах в стандарте КАМАК, включающая около 30 блоков 5 наименований. Все перечисленные системы связаны с нако-



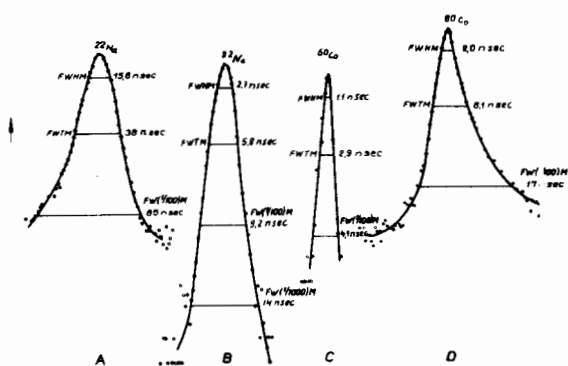
31. Схема кристаллического нитяного счетчика частиц.



32. Амплитудная характеристика кристаллического нитяного счетчика. Рабочее вещество счетчика: 1 - аргон, 2 - ксенон.

пительными устройствами центра. В большинстве проводимых экспериментов используются ЭВМ "Хьюлетт-Паккард", "Минск-22" и "Минск-2".

◇ Создана система для амплитудных и временных измерений с германиевыми детекторами, разрешающее время которой при 1,3 Мэв составляет 1 нсек. Достигнуто относительно малое  $\sim 1,2$  нсек/смещение пика при изменении уровня сигналов в динамическом диапазоне 100. По своим параметрам, особенно по соотношению между высотой пиков и уровнем фона в низкоэнергетической области, начиная с 10-15 кэв, эта система существенно превосходит аналогичные системы, используемые в практике экспериментов. Передано в эксплуатацию 3 образца, которые успешно применяются в опытах на синхротронном, в том числе совместно с ЦЕРНОм.



33. Временные спектры совпадений между плоским германиевым детектором и сцинтилляционным счетчиком, полученные при различных энергиях гамма-квантов: А - 50 кэв, В - 511 кэв, С - 1330 кэв, D - 10-1330 кэв. Разрешающее время системы в широком диапазоне энергий регистрируемых гамма-квантов / D / составляет 2 нсек, а уровень фона, в том числе и при низких энергиях / А /, лежит ниже 0,01 высоты пика.

Разработан ряд новых блоков в системе стандартной наносекундной электроники.

◇ Значительно улучшены параметры германиевых и кремниевых детекторов, изготавливаемых в лаборатории. Повышено амплитудное разрешение в среднем на 30%, изготовлены кремниевые детекторы большой площади /до 12 см<sup>2</sup>/ с разрешением по альфа-частицам около 80 кэв. Детекторы имеют параметры, не уступающие параметрам лучших мировых образцов. Общее число детекторов, сделанных для экспериментальных лабораторий ОИЯИ и стран-участниц, составляет около 250. На основе полупроводниковых детекторов созданы два бета- и гамма-спектрометра.

Построены для Монгольской Народной Республики бета-спектрометр на базе кремниевых детекторов и современный германий-литиевый гамма-спектрометр.

◇ Смонтирован и введен в эксплуатацию безжелезный тороидальный бета-спектрометр для исследования спектров конверсионных электронов, сделанный в Институте ядерной физики /Краков/ по заказу Лаборатории ядерных проблем. Прибор имеет высокую светосилу /20%/ при хорошем разрешении /1%/.

## Разработки в области ускорителей

◇ В связи с реконструкцией синхротрона в сильноточный фазотрон осуществлен большой комплекс работ.

а/ Изготовлены рабочие чертежи вариатора частоты, завершен рабочий проект источника ионов, закончены расчеты геометрии центрального электрода, разработаны рабочие чертежи магнитных линз и большинства магнитов трактов пучков.  
б/ Окончены работы по макетированию генератора высокой частоты с системой

связи, изучены частотные характеристики  $180^\circ$ -ного дуанта для новой системы вывода; сделаны макеты блоков системы управления ускорителем, спроектирован и изготовлен С-электрод для растяжки пучка с целью опробования его на действующем синхроциклотроне.

в/ Изготовлены основные обмотки возбуждения электромагнита, идет строительство необходимых дополнительных технических площадей к корпусу синхроциклотрона и новых корпусов.

◇ Продолжалась разработка прототипа установки 120М. Подготовлены рабочие чертежи системы питания токовых обмоток, ВЧ-системы, пробника и ионного источника ускорителя. Начат монтаж и наладка системы питания и стабилизации токовых обмоток ускорителя; закончено изготовление и шиммирование рабочего варианта спиральных шимм; закончен и налажен стенд автоматических магнитных измерений в камере ускорителя. Рассчитан и смоделирован железно-токовый канал системы вывода У-120М. Предложена схема управления ускорителем с помощью ЭВМ.

#### Усовершенствование синхроциклотрона

◇ Спроектирован, изготовлен и установлен в камере ускорителя С-электрод для системы высокочастотной растяжки выведенного протонного пучка методом каскадного ускорения. Разрабатываются

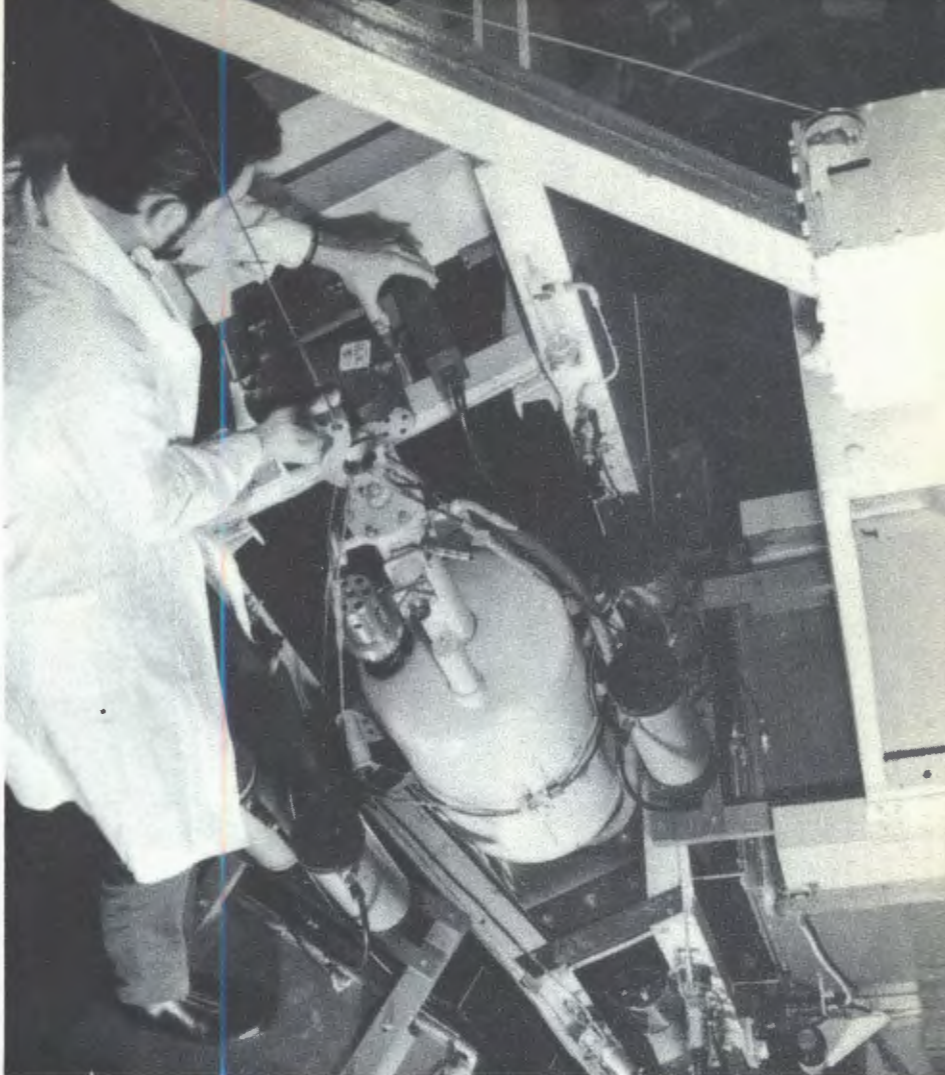
высокочастотные генераторы системы растяжки.

◇ Модифицированы системы управления регенератором и мезонной мишенью, что позволяет более оперативно настраивать режимы вывода пучков.

#### Эксплуатация синхроциклотрона

Вид работы	Время в часах	%
1. Экспериментальные работы по физике	5900	87
2. Исследования отдела синхроциклотрона	25	0,4
3. Подготовка к работе физической аппаратуры и технологическая подготовка ускорителя	830	12
4. Эксплуатационные простои	45	0,6
5. Ремонтные и монтажно-наладочные работы	1680	
6. Работа мезонного тракта	2500	
7. Работа системы растяжки пучка	2200	

Модернизирована установка для исследования процесса обратного электророждения  $p^- \rightarrow e^+ e^- p$ . Анализ регистрируемых событий производится 12-мерной системой, работающей на линии с ЭВМ.



Для поиска редких распадов мезонов завершена модернизация установки с цилиндрической искровой камерой в магнитном поле, управляемой сцинтилляционным годоскопом.



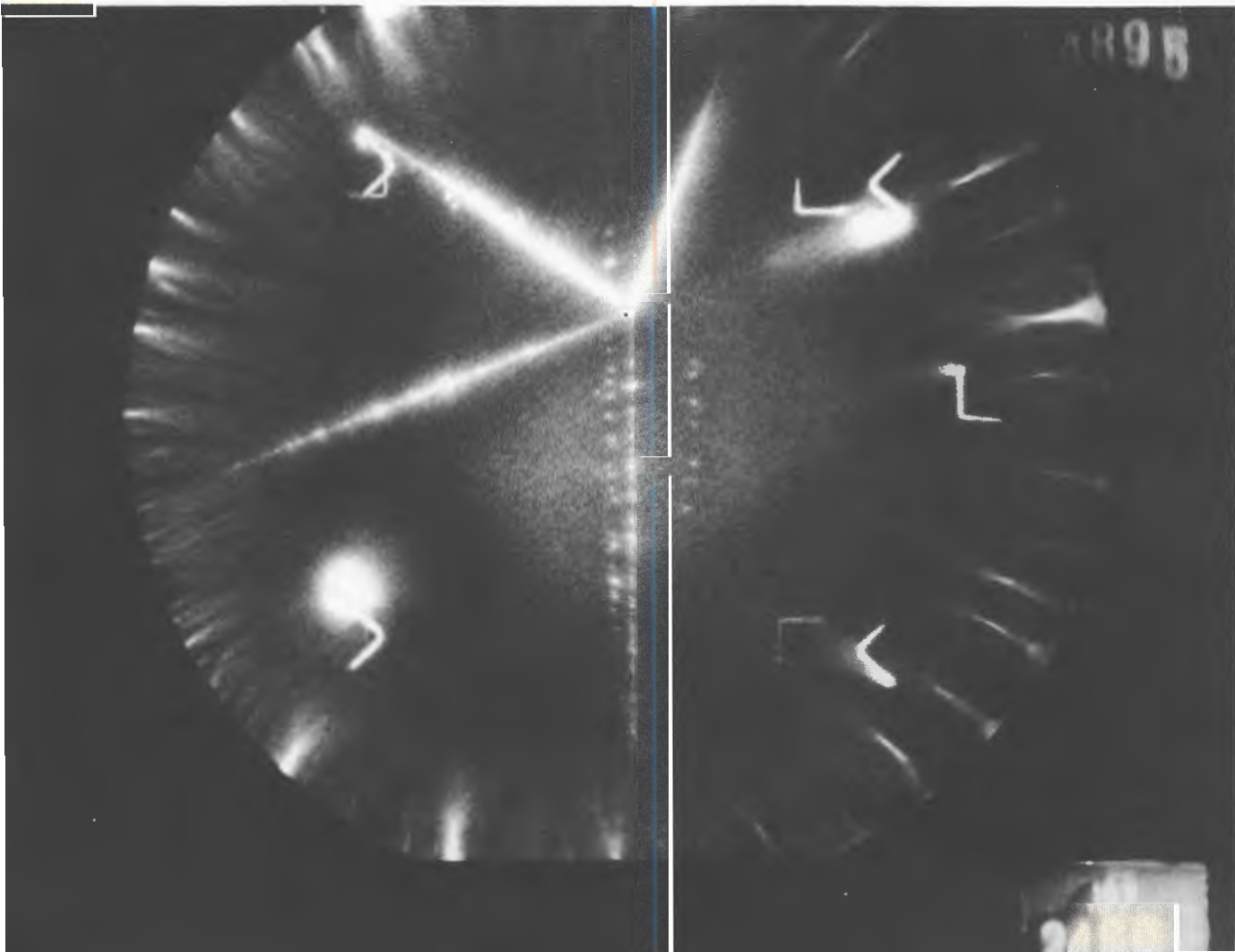


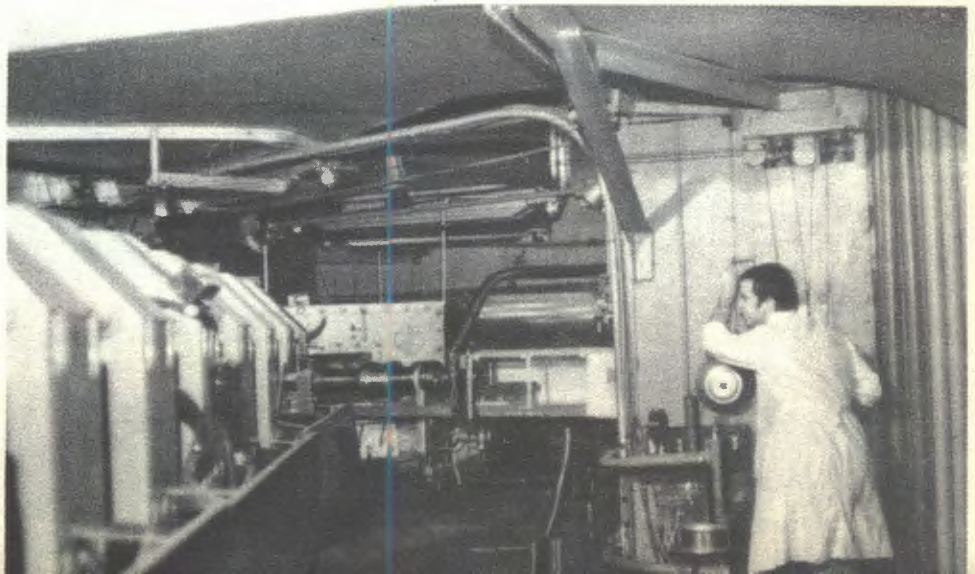
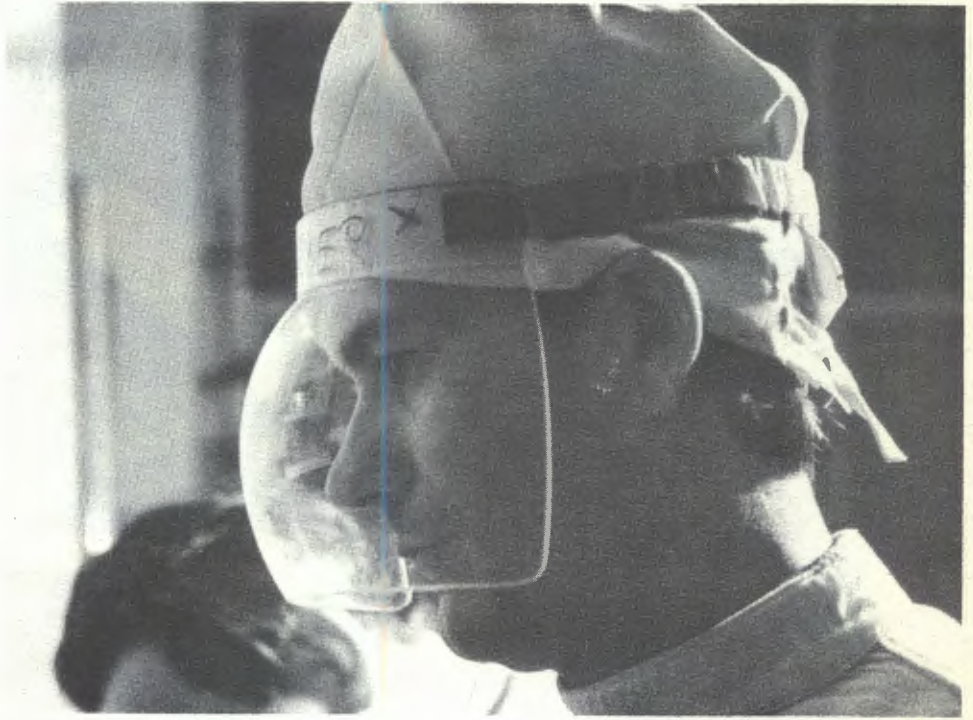
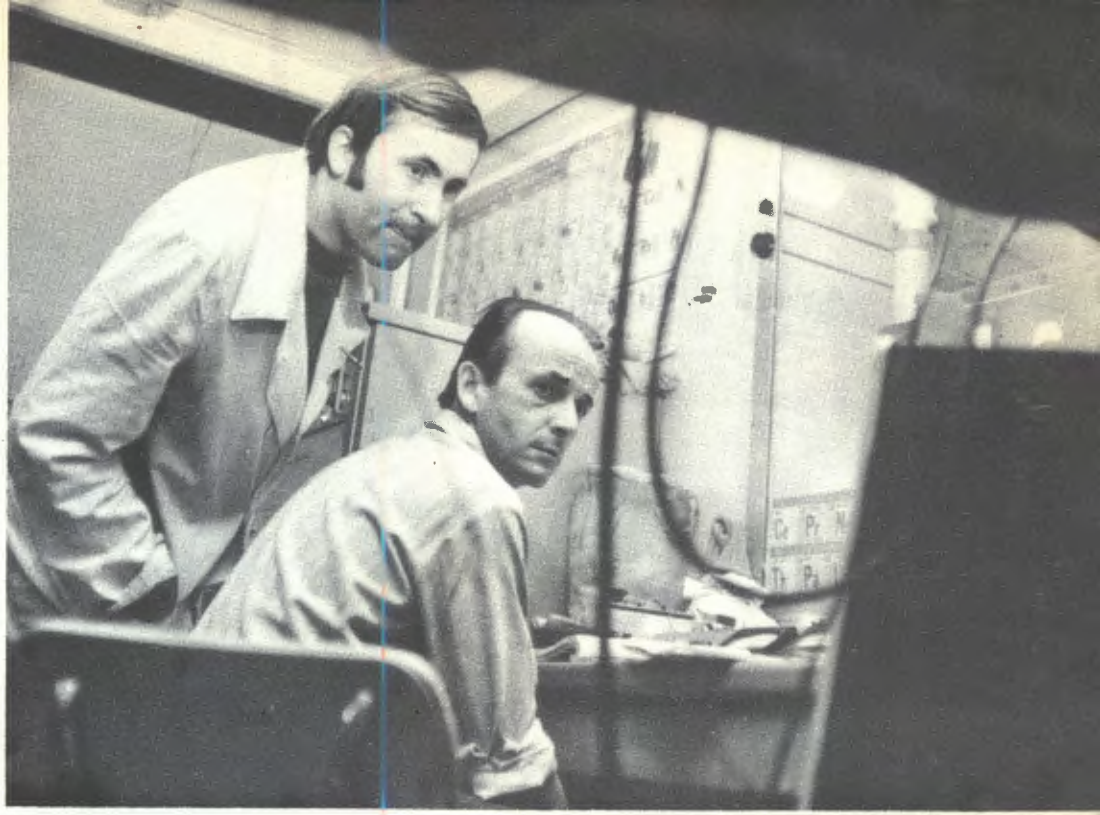


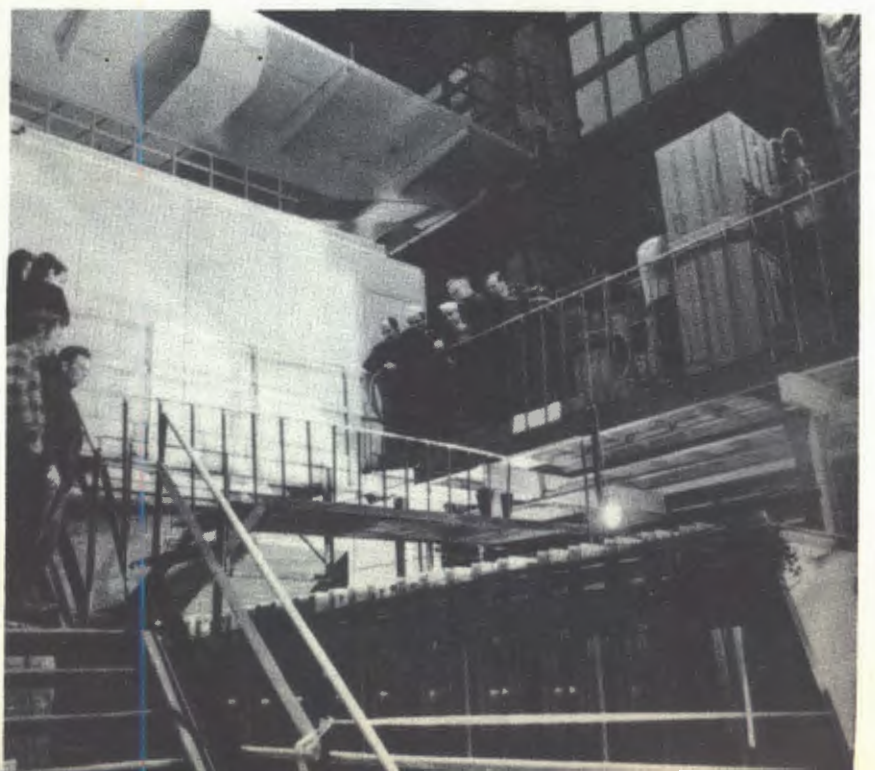
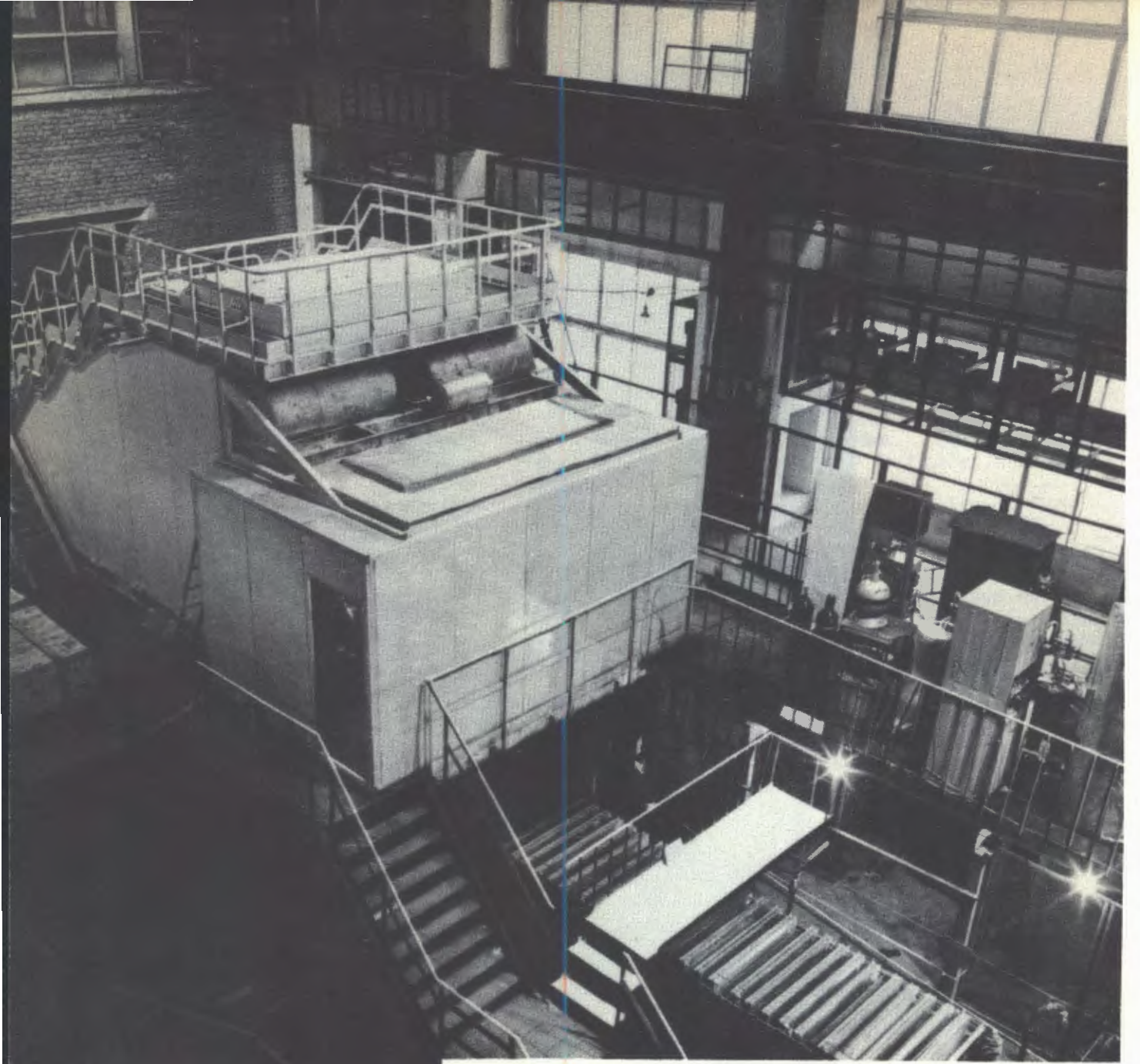
На ускорителе 76 Гэв в Серпухове ведутся опыты по измерению поляризации и поворота спина при рассеянии пионов протонами. Сложная экспериментальная установка ГЕРА с поляризованной мишенью, работающая на линии с ЭВМ, создана учеными ОИЯИ, ИФВЭ, ИТЭФ и Сакле /Франция/.

В опытах на синхротроне выполнен большой цикл исследований по программе ЯСНАПП /ядерный спектрометр на пучке протонов/.

Фотография следов неупругого  $\pi^- \text{He}^3$ -рассеяния при энергии 100 Мэв в стримерной камере высокого давления.





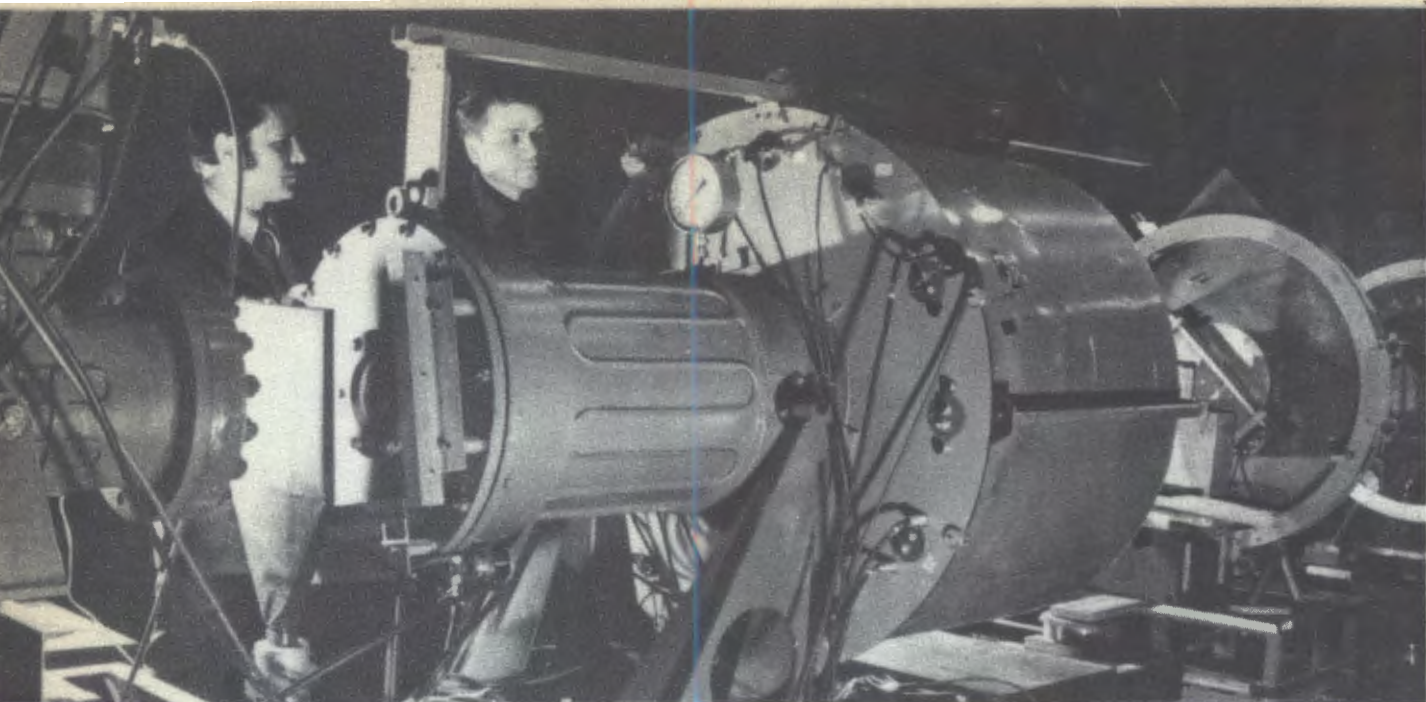




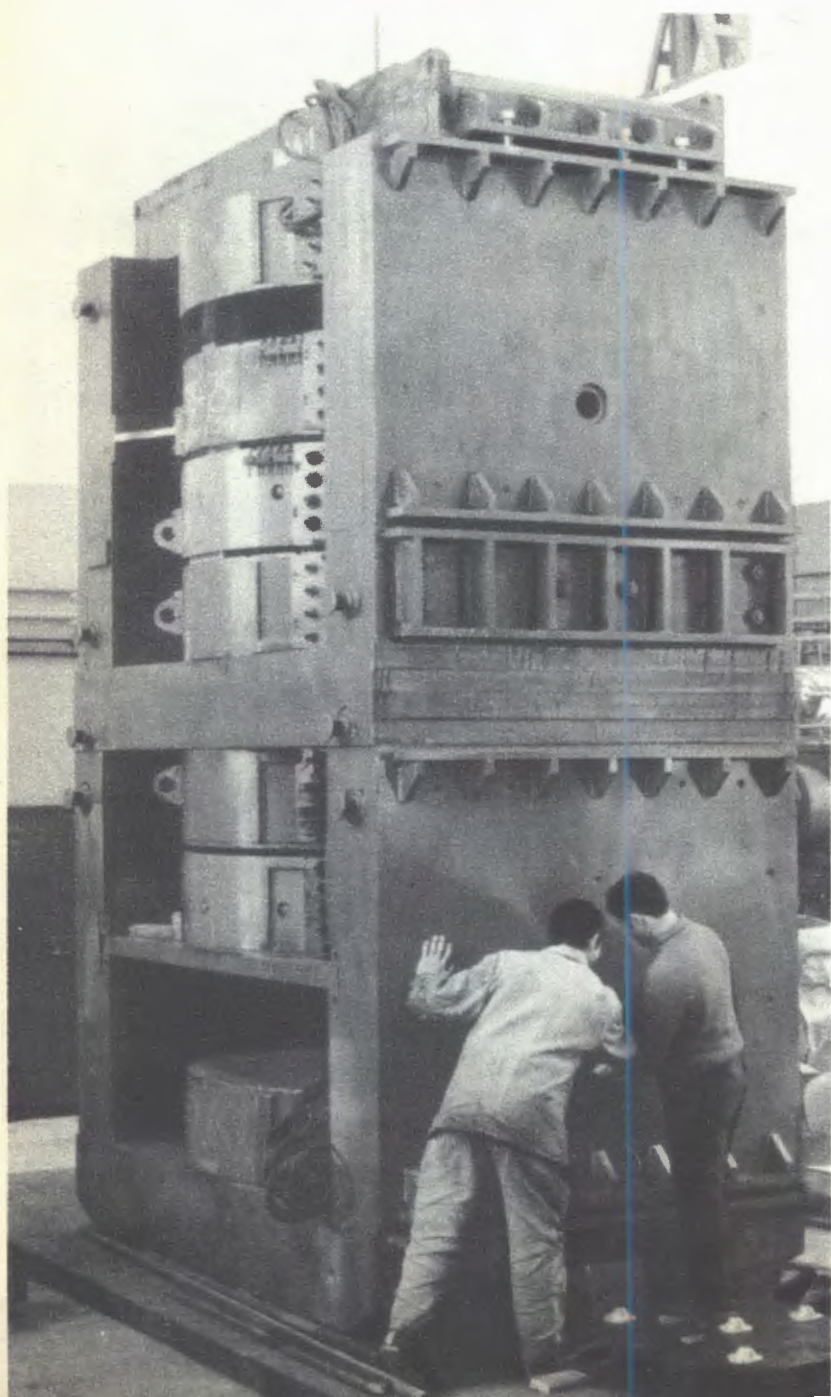
Введена в действие модель релятивистского спектрометра со стримерной камерой в магнитном поле и водородной мишенью /установка РИСК/. Работы ведутся на основе научно-технического сотрудничества Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ и институтов ГДР.



С помощью пятиметрового искрового спектрометра получены первые снимки на пучке серпуховского ускорителя.



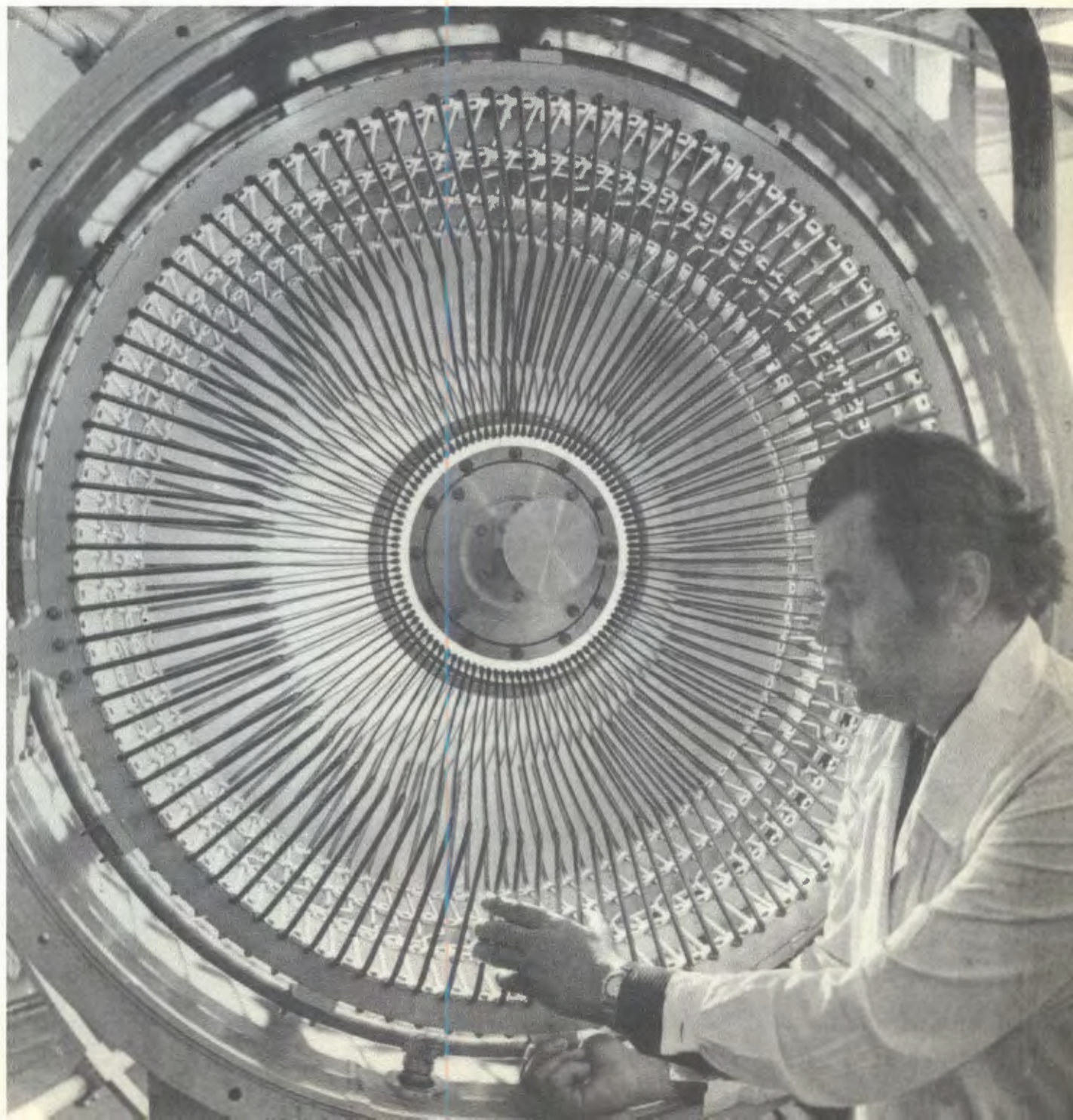
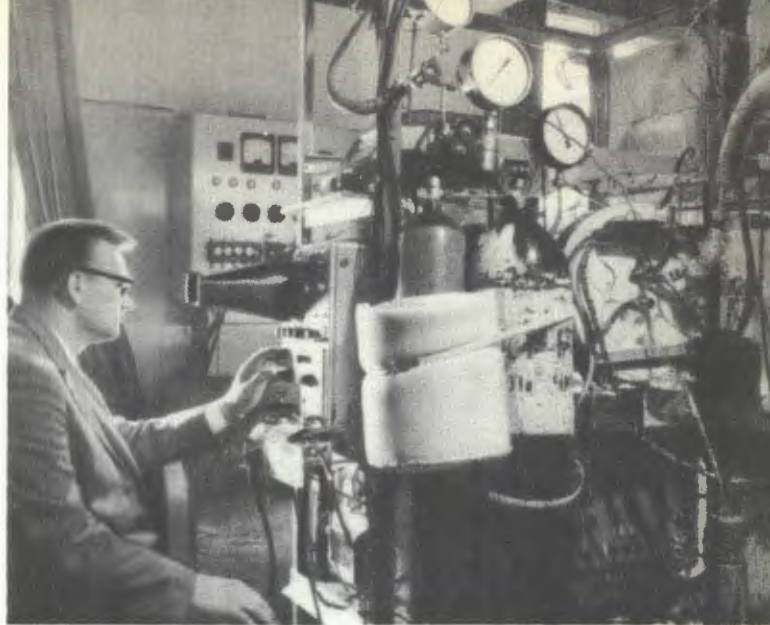
▲  
Модернизированная установка для поиска новых тяжелых частиц и антиядер на пучке серпуховского ускорителя. Работа ведется учеными ОИЯИ и ИФВЭ.



◀ В центральных экспериментальных мастерских ОИЯИ изготовлен магнит для формирования пучка пи-мезонов, предназначенного для ядерно-физических и медико-биологических опытов на синхроциклотроне.

Создан детектор заряженных частиц -  
нитяной кристаллический счетчик. Ре-  
гистрация частиц в счетчике осуществле-  
ется за счет лавинного размножения  
электронов первичной ионизации в твер-  
дом замороженном аргоне или ксеноне.

Введен в эксплуатацию безжелезный по-  
ройдальный бета-спектрометр для иссле-  
дования спектров излучения короткожи-  
вущих изотопов, получаемых на синхро-  
циклотроне. Спектрометр изготовлен в  
Институте ядерной физики в Кракове.



## Лаборатория ядерных реакций

Основные усилия коллектива лаборатории в течение истекшего года были направлены на совершенствование системы тандем-циклотронов, повышение интенсивности пучков ионов ксенона и выполнение физических исследований, нацеленных на синтез сверхтяжелых элементов в реакциях с ксеноном.

Проведение комплекса технических усовершенствований системы тандем-циклотронов позволило повысить более чем в сто раз интенсивность пучка ионов  $^{136}\text{Xe}$  с конечной энергией около 900 Мэв: в настоящее время средняя интенсивность пучка составляет примерно  $2,5 \cdot 10^{10}$  частиц/сек. Указанная энергия ионов ксенона значительно превышает кулоновский барьер и дает возможность осуществлять ядерные реакции на мишенях из самых тяжелых элементов. В 1972 году впервые были ускорены ионы криптона /  $Z = 36$  / до энергий около 500 Мэв, получена интенсивность пучка порядка  $10^{11}$  частиц/сек. Продолжались эксперименты на пучках легких частиц от  $^{12}\text{C}$  до  $^{40}\text{Ar}$ .

Научно-исследовательские работы лаборатории велись в следующих основных направлениях:

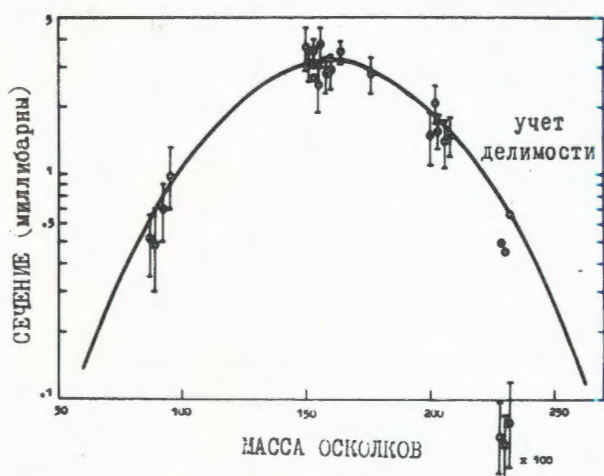
- изучение взаимодействия ионов Хе с ядрами, синтез новых элементов;
- синтез трансурановых элементов и исследование свойств их радиоактивного распада;
- поиск изотопов сверхтяжелых элементов в природных минералах;
- синтез нейтроноизбыточных изотопов легких элементов;
- исследование протонно-радиоактивных ядер;
- изучение спонтанно делящихся изотопов;
- исследование механизма взаимодействия тяжелых ионов с ядрами;
- изучение структуры ядра спектрметрическими методами.

## Научно-исследовательские работы

### Синтез сверхтяжелых элементов

Для проведения экспериментов по синтезу сверхтяжелых ядер необходимо было в первую очередь выяснить механизм взаимодействия ионов ксенона с ядрами, измерить сечения различных каналов реакций, энергию возбуждения и т.д. Первые опыты по облучению  $^{24}\text{Mg}$  и  $^{70}\text{Zn}$  ионами  $^{136}\text{Xe}$  показали, что в этих реакциях образуются составные ядра с сечениями в несколько сотен миллибарн.

Наибольший интерес представляет изучение взаимодействия ионов ксенона с тяжелыми ядрами, так как можно надеяться в реакции деления синтезировать сверхтяжелые ядра. Детально процесс деления тяжелых ядер исследовался при облучении  $^{181}\text{Ta}$  ионами  $^{136}\text{Xe}$ .



34. Распределение осколков деления, построенное для начальных масс /до испарения нейтронов/. Реакция  $^{181}\text{Ta} + ^{136}\text{Xe}$ .

Радиохимически были выделены изотопы иттрия /  $Z=39$  /, редкоземельные элементы от  $\text{Pm}$  до  $\text{Ho}$  /  $60 < Z < 68$  /, изотопы золота /  $Z=70$  / и изотопы тяжелых элементов  $\text{Ra}$ ,  $\text{Ac}$  /  $Z=88,89$  /. По экспериментальному выходу 24 изотопов этих элементов были построены массовое и зарядовое распределения осколков деления /рис. 34/.

Положение максимумов кривых и их форма свидетельствует о том, что при делении  $^{181}\text{Ta}$  ионами  $^{136}\text{Xe}$  образуется составная система, которая затем испытывает деление на два осколка с широкой дисперсией распределения их массы и заряда. Сечение такого процесса предположительно составляет  $\sim 100$  мбарн.

Основной вклад в полное сечение взаимодействия дают реакции неполного слияния с передачей нескольких протонов и нейтронов, исследовавшиеся при облучении  $^{60}\text{Zn}$ ,  $^{159}\text{Tb}$ ,  $^{181}\text{Ta}$ ,  $^{209}\text{Bi}$ ,  $^{238}\text{U}$  ионами  $^{136}\text{Xe}$ . Было показано, что хотя сечение реакции однонуклонной передачи велико /100-200 мбарн/, наблюдается резкое уменьшение сечения при увеличении числа переданных нуклонов, а также зависимость сечения от соотношения числа протонов и нейтронов в передаваемом комплексе.

Для реакций деления  $^{181}\text{Ta}$ ,  $^{209}\text{Bi}$ ,  $^{238}\text{U}$  ионами  $^{136}\text{Xe}$  был измерен выход тяжелых осколков /с  $Z \geq 88$  / от  $\text{Ra}$  до  $\text{Cf}$ . Из-за высокой делимости этих ядер выход изотопов элементов с  $Z > 88$  очень мал, сечение образования самого тяжелого из них,  $^{254}\text{Cf}$ , составляет величину  $\sim 10^{-34}$  см<sup>2</sup>. Так как делимость ядер в основном и возбужденном состоянии зависит от высоты барьера деления /для основного состояния ядра  $^{298}114$  высота барьера составляет, согласно теоретическим оценкам, 8-12 Мэв/, можно ожидать, что наибольшее сечение образования будет у наиболее долгоживущих сверхтяжелых ядер.



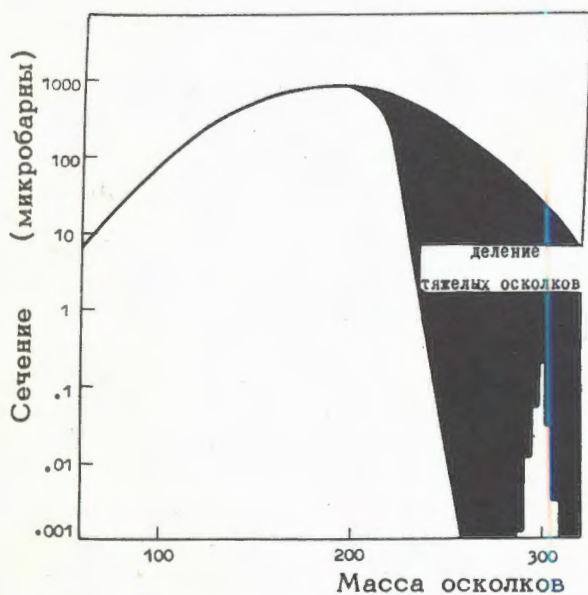
Таким образом, многочисленные эксперименты по изучению механизма взаимодействия ионов ксенона с цинком, танталом, висмутом и ураном показали перспективность использования деления тяжелых ядер как метода синтеза сверхтяжелых ядер.

В соответствии с этими представлениями эксперименты по получению сверхтяжелых элементов в реакции  $U + Xe$  были нацелены на синтез относительно долгоживущих ядер с периодом полураспада в 1 день или больше. Толстая мишень из металлического  $^{238}U$  бомбардировалась пучком ионов  $^{136}Xe$  в течение 3-5 суток при средней интенсивности около  $6 \cdot 10^9$  частиц/сек. После каждого опыта производилось групповое радиохимическое разделение продуктов реакции на две фракции: элементы актиноидного ряда  $/89 \leq Z \leq 103/$  и сульфиды тяжелых

металлов от Os до Bi  $/76 < Z < 83/$ . Предполагалось, что если в реакциях взаимодействия образуются сверхтяжелые элементы с  $109 \leq Z \leq 115$  и их свойства подобны свойствам химических аналогов, то эти элементы должны присутствовать в группе тяжелых металлов. После химического разделения вещество помещалось в специальную установку, которая позволяла одновременно с регистрацией акта спонтанного деления измерять среднее число нейтронов на акт деления. В элементах актиноидного ряда наиболее вероятным излучателем являлся  $^{254}Cf / T_{1/2} = 60$  дн.,  $s.f. \sim 99\%$ , в то время как в группе сульфидов спонтанное деление может быть обусловлено лишь распадом сверхтяжелых элементов. В течение длительной экспозиции /около 6 месяцев/ наблюдалось 1 событие спонтанного деления в актиноидной фракции и 8 событий - во фракции тяжелых металлов.

В последующей серии опытов химического разделения не проводилось, а использовался так называемый "метод отдачи" для сбора продуктов реакции. В этих опытах наблюдалось 6 событий спонтанного деления в фольгах, соответствующих по пробегу ядер отдачи 8-12 мк алюминевого эквивалента.

Предварительные результаты, полученные в этих экспериментах, заключаются в следующем. При облучении толстой мишени  $^{238}U$  ионами  $^{136}Xe$  с максимальной энергией 900 Мэв наблюдается образование спонтанно делящихся ядер с сечением  $\sim 10^{-33} \text{ см}^2$  и периодом полураспада  $T_{1/2} \geq 120$  суток. Эффект не может быть объяснен фоном от спонтанного деления  $^{238}U$  или других известных трансурановых элементов. Среднее число нейтронов на акт деления невелико и, по предварительным оценкам, составляет  $1,5 \leq \bar{\nu} \leq 3,5$ .

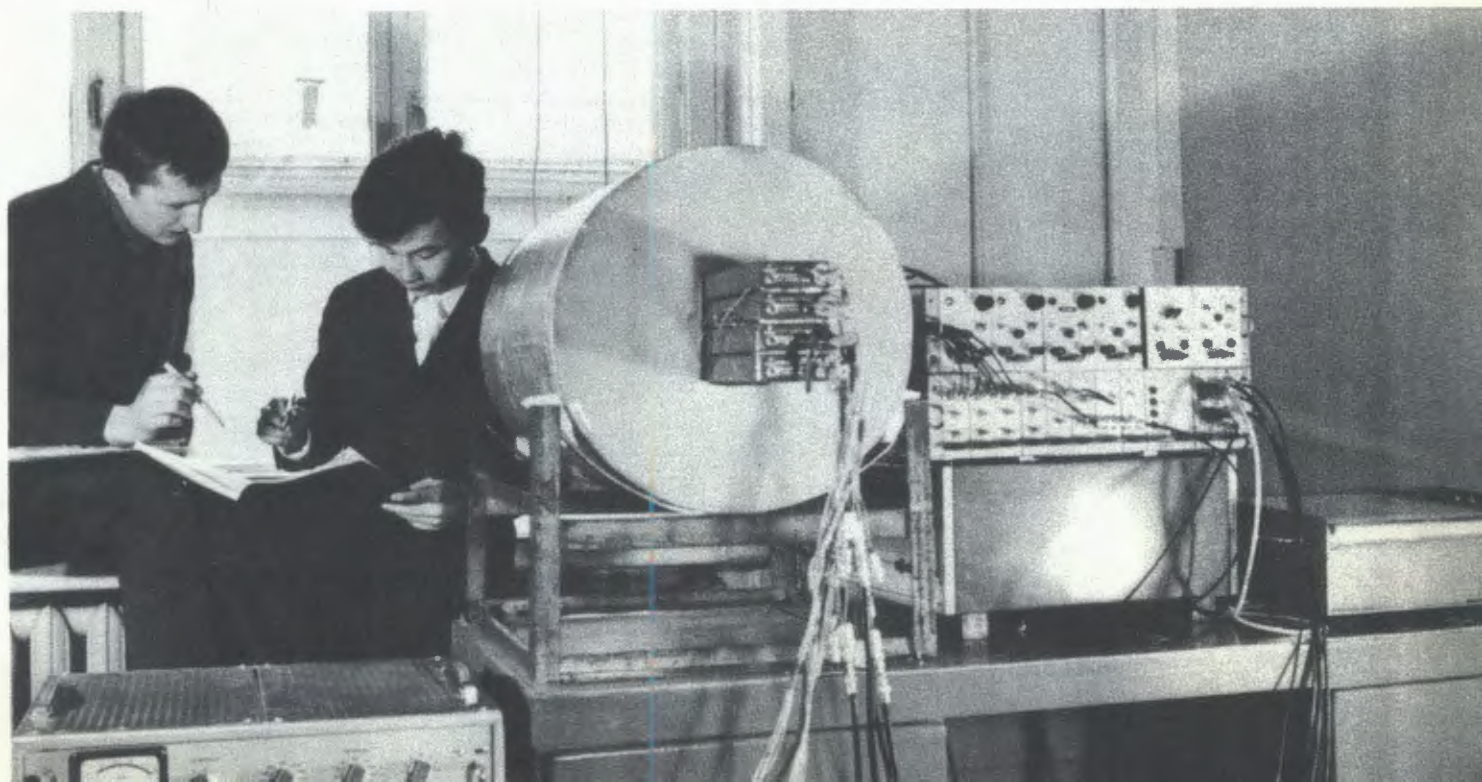


35. Схематическое изображение сечения образования сверхтяжелых элементов в реакции  $^{238}U + ^{136}Xe$ .



Пробник с вращающейся урановой мишенью позволяет проводить длительные облучения пучками тяжелых ионов повышенной интенсивности. С помощью этого пробника ведутся опыты по синтезу сверхтяжелых элементов в реакциях с ускоренными ионами ксенона.

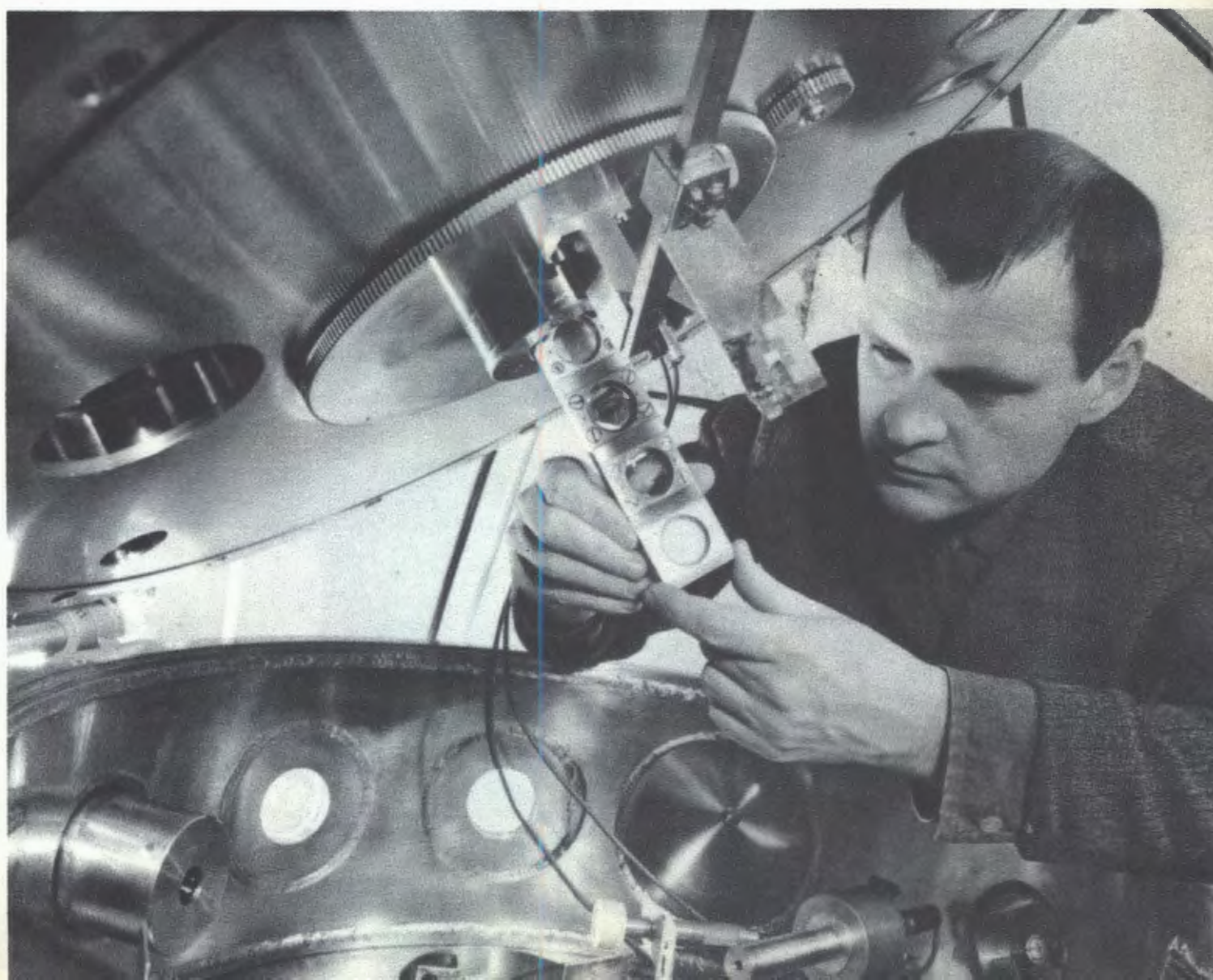
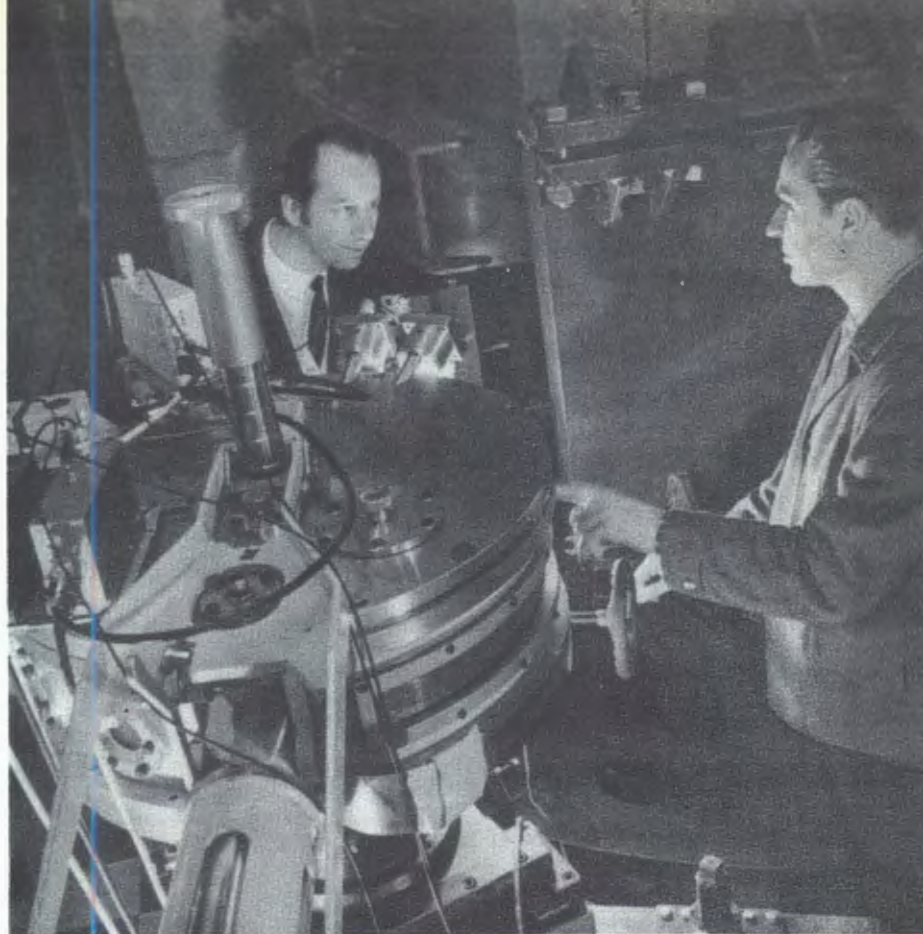
Детектор спонтанного деления предназначен для обнаружения сверхтяжелых элементов среди продуктов ядерных реакций на пучке ионов ксенона. Детектор позволяет регистрировать спонтанное деление с частотой одно событие в месяц. Одновременно с осколком регистрируются нейтроны, сопровождающие деление.

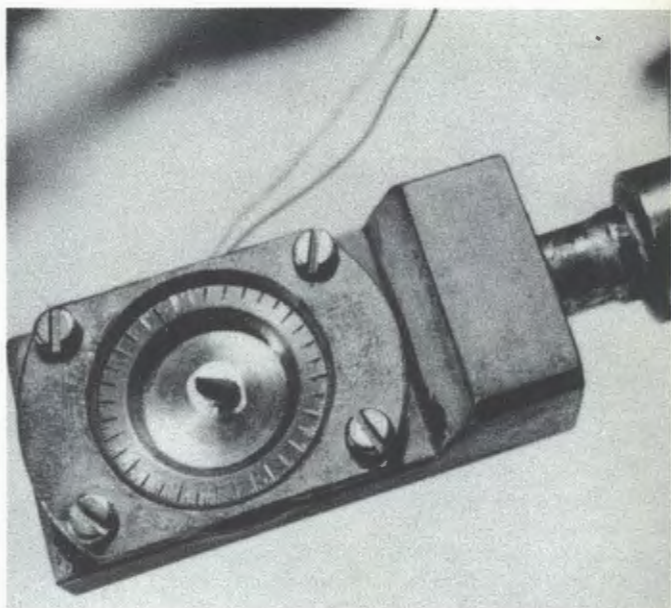




▲  
*Химики Лаборатории ядерных реакций разработали аппаратуру для разделения редкоземельных и трансплутониевых элементов, синтезируемых при облучении урана ускоренными тяжелыми ионами. Для разделения используется ионообменная колонка с градиентной элюцией.*

Продолжаются работы по изучению свойств легких ядер с большим избытком нейтронов, синтезируемых в реакциях с тяжелыми ионами. В этих экспериментах используется камера специальной конструкции, сделанная в Венгрии.

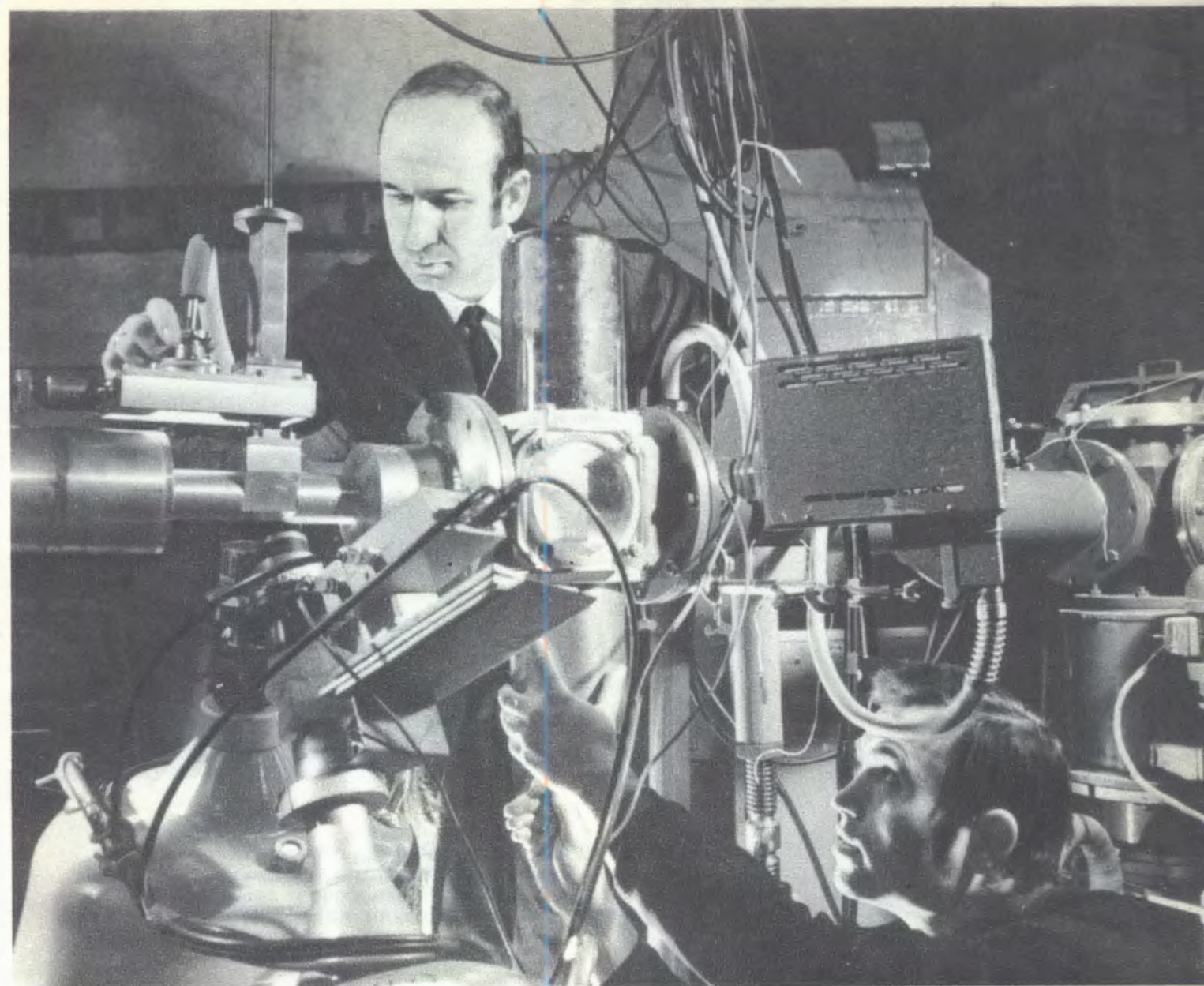




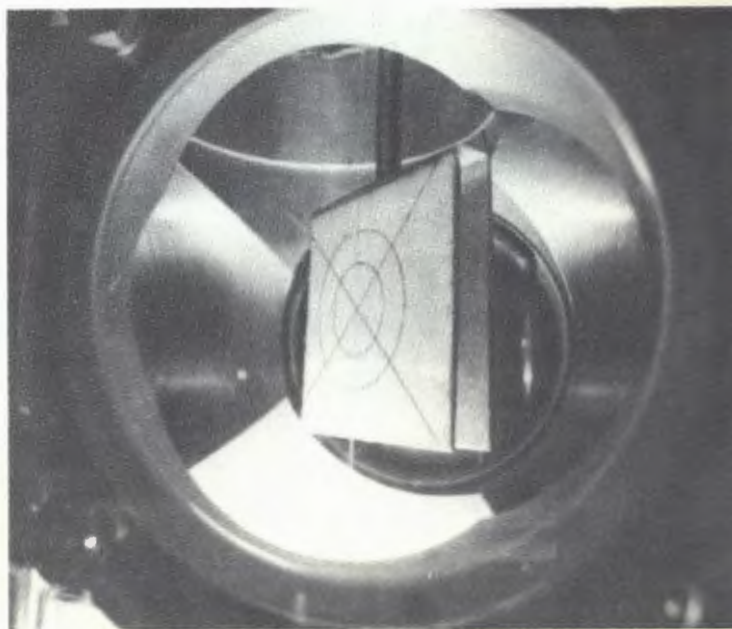
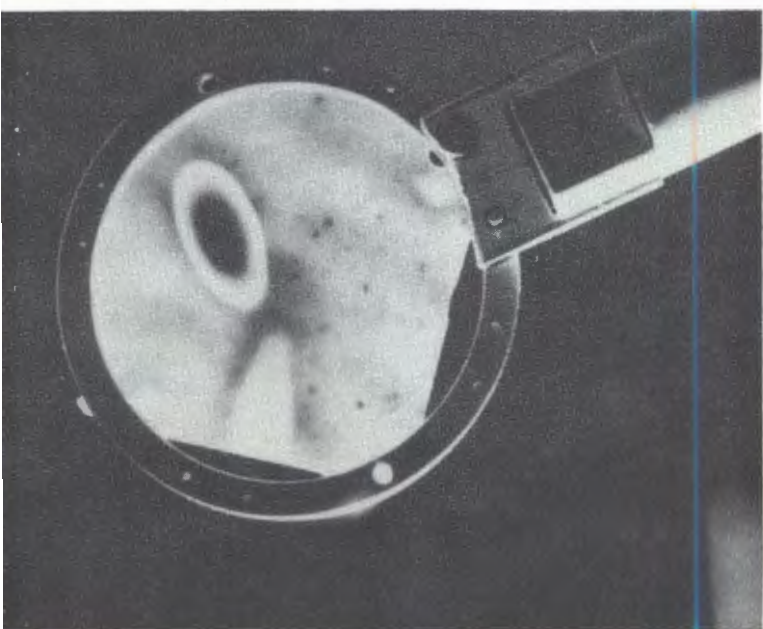
*Времена жизни высоковозбужденных состояний ядер в диапазоне  $10^{-17}$  -  $10^{-18}$  сек измеряются с помощью эффекта теней при использовании монокристаллических мишеней. На снимке: отладка гониометрического устройства экспериментальной установки.*

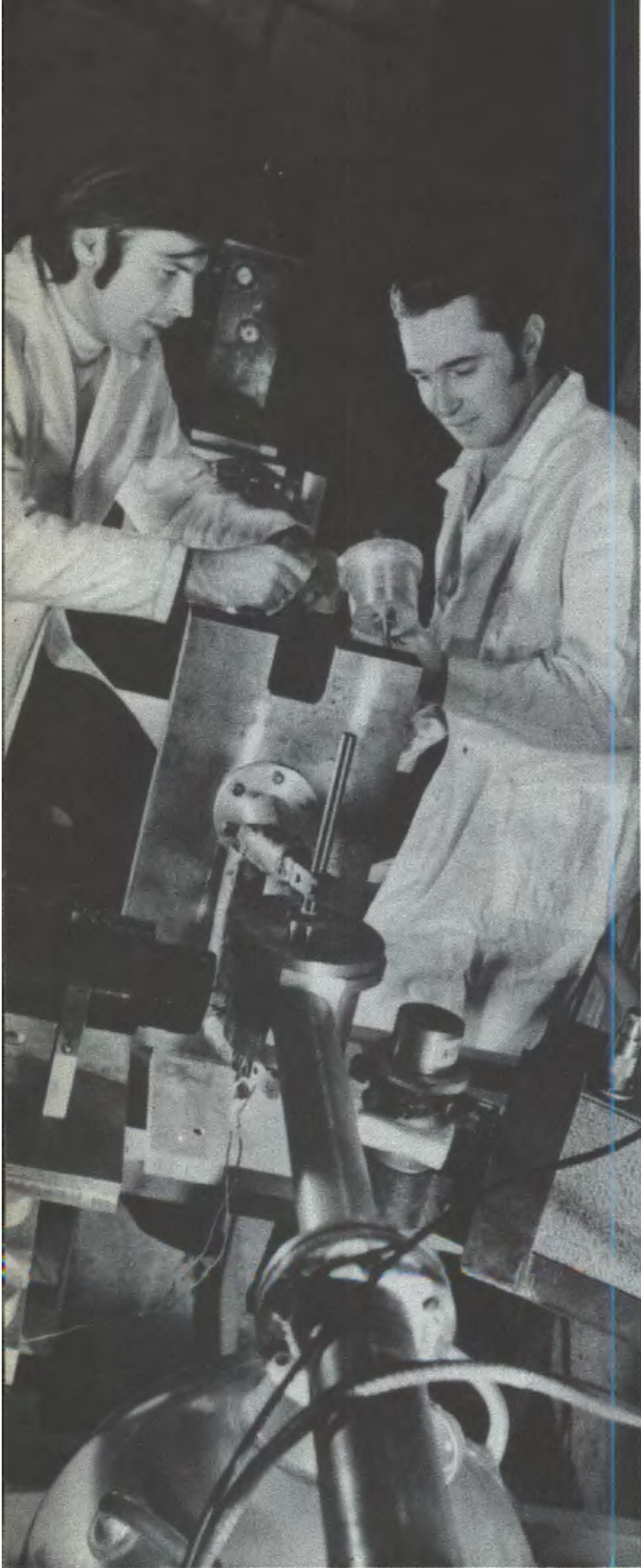
*Юстировка аппаратуры для определения времени жизни возбужденных ядерных уровней методом эффекта Доплера. Установка позволяет измерять времена жизни в диапазоне  $10^{-9}$  -  $10^{-12}$  сек для нейтронодефицитных ядер, удаленных от линии бета-стабильности.*





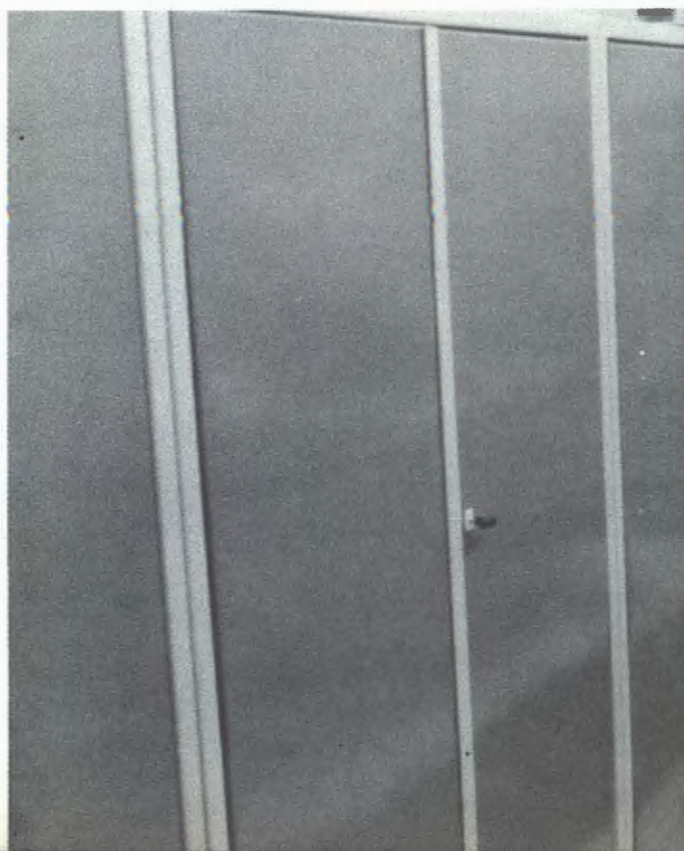
Установка для измерения мгновенных и запаздывающих гамма-спектров, возникающих в ядерных реакциях с тяжелыми ионами. С помощью установки были обнаружены и исследованы изомерные состояния сферических ядер с высоким спином.

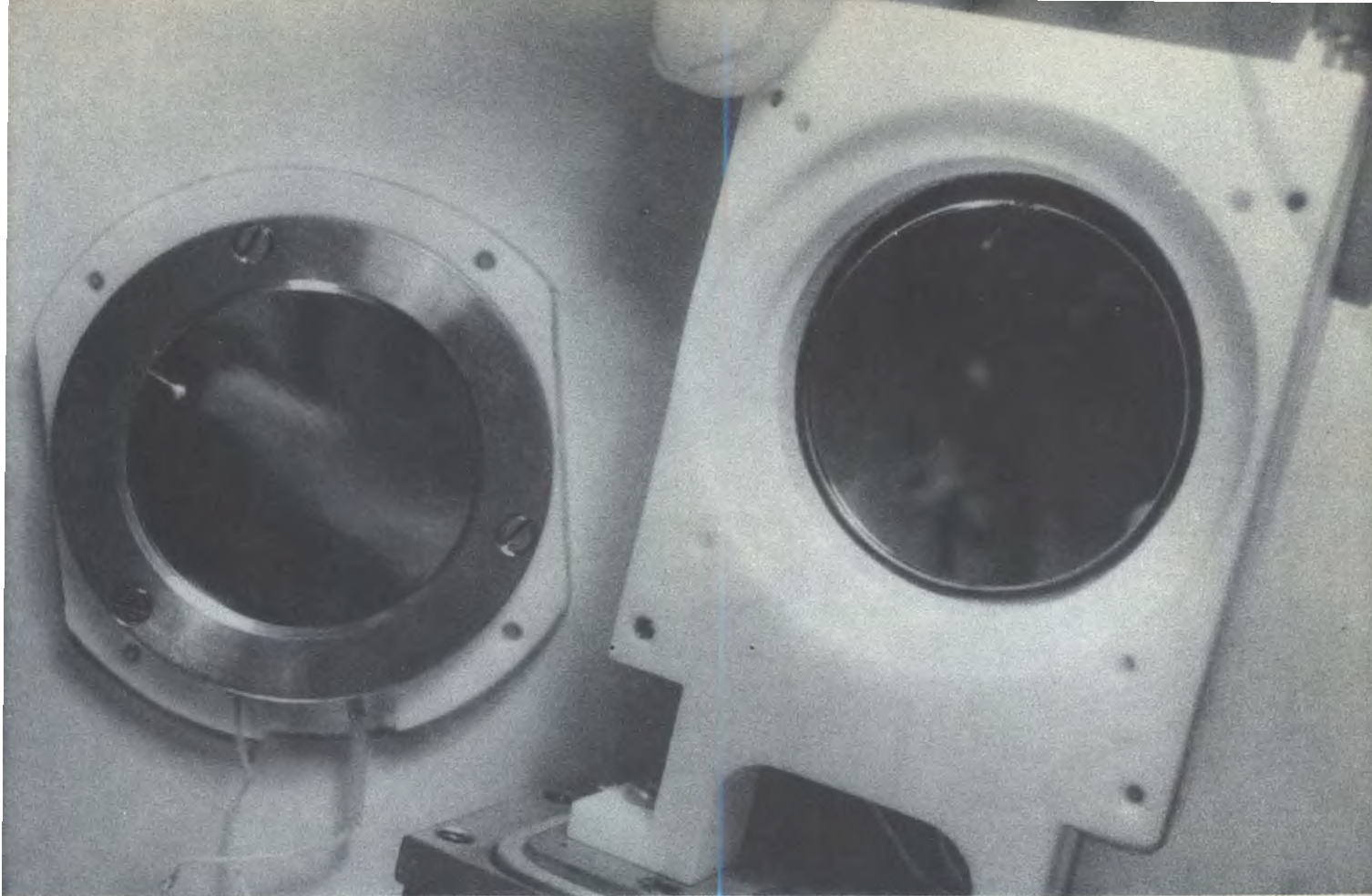




Аппаратура для исследования возмущения углового распределения гамма-квантов в ядерных реакциях на пучке тяжелых ионов. Полупроводниковые детекторы позволяют регистрировать как гамма-излучение, так и рассеянные тяжелые ионы, обеспечивая высокое энергетическое и временное разрешение.

В измерительном центре Лаборатории ядерных реакций сдана в эксплуатацию электронная вычислительная машина "Минск-32". Вводится язык ФОРТРАН, а также система программ накопления и обработки спектрометрической информации ПОФИ.

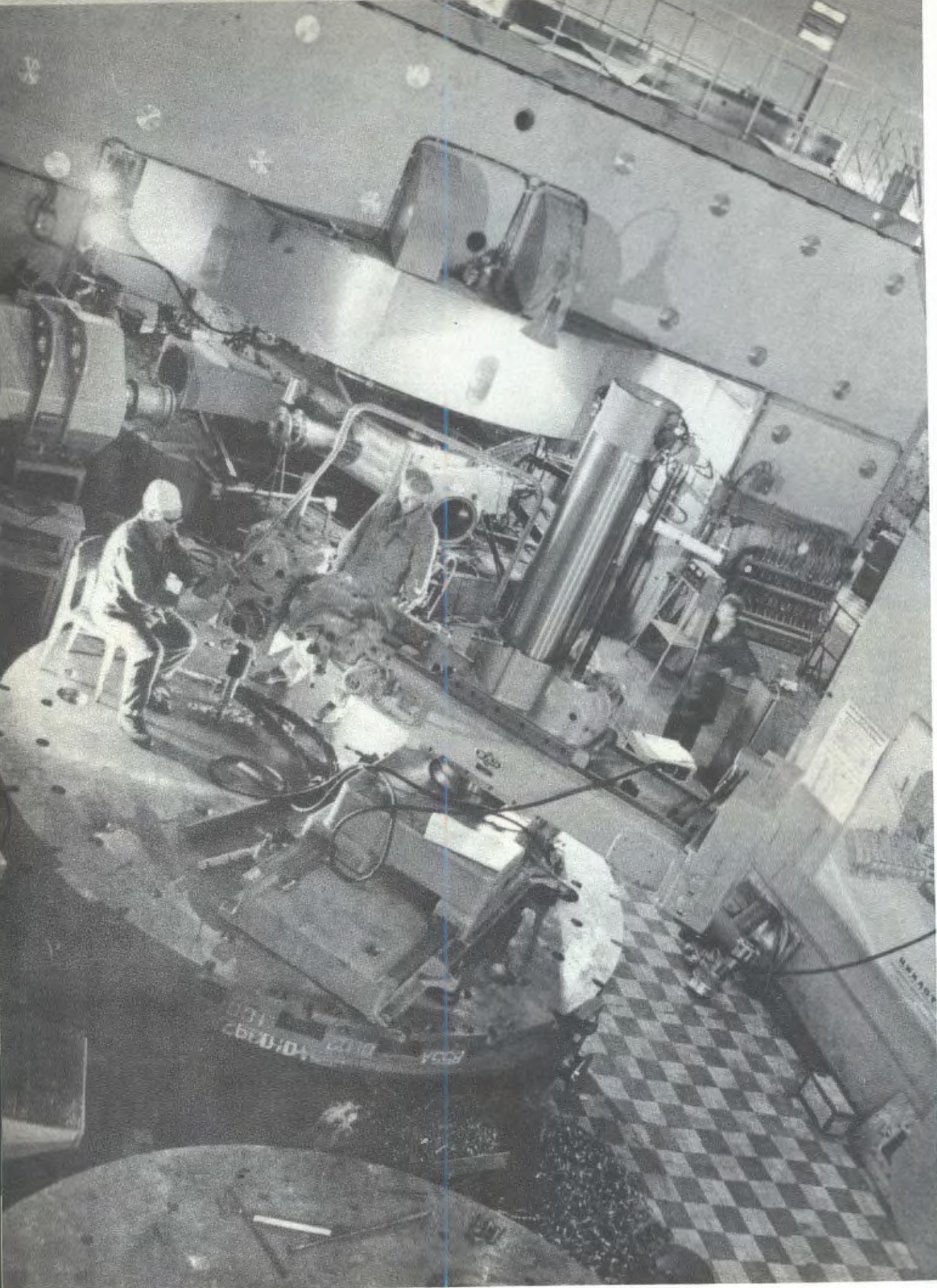




▲  
*“Пенал” - прибор для измерения энергии двух осколков деления с помощью полупроводниковых детекторов большой площади. Приборы этого типа используются для поиска редких актов спонтанного деления с предполагаемой частотой одно событие за 5-10 суток.*







Ведутся подготовительные работы к реконструкции ускорителя многозарядных ионов У-300 в У-400. Это позволит расширить диапазон ускоряемых частиц и повысить их энергию.

Строительство нового корпуса Лаборатории ядерных реакций.



Не исключено, что наблюдаемый излучатель спонтанного деления является изотопом сверхтяжелого элемента, хотя значение  $\bar{\nu}$  существенно меньше, чем ожидаемое на основании теоретических оценок и экстраполяций  $\bar{\nu} \sim 5-10$ . Для проведения более надежной идентификации в следующей серии экспериментов будет проводиться, наряду с измерением  $\bar{\nu}$  и фиксацией акта спонтанного деления, измерение полной кинетической энергии осколков, а затем выделение массы ядра, испытывающего спонтанное деление, на электромагнитном масс-сепараторе лаборатории.

### Синтез трансфермиевых элементов и исследование их свойств

♦ На внешнем пучке циклотрона У-300 в реакции  $^{246}\text{Cm}(^{18}\text{O}, 5n)^{259}\text{Ku}$  было изучено спонтанное деление  $^{259}\text{Ku}$ . Значение периода полураспада  $^{259}\text{Ku}$ , полученное в этих измерениях, составляет  $3,2 \pm 0,8$  сек, парциальное сечение его образования, определенное по спонтанному делению при энергии ионов  $^{18}\text{O}$ , равной 100 Мэв, соответствует  $\sim 4 \cdot 10^{-34}$  см<sup>2</sup>. На основе этих данных найдена относительная вероятность спонтанного деления:  $\sim 7\%$ .

Впервые элемент 104 /курчатовий/ был синтезирован в Дубне в 1964 году в реакции  $^{242}\text{Pu}(^{22}\text{Ne}, 4-5n)^{260, 259}\text{Ku}$ . В 1966 году изотоп  $^{259}\text{Ku}$  был выделен химически с применением экспрессного разделения продуктов ядерных реакций в газовой фазе. В 1969-1970 годах опыты по изучению  $^{259, 260}\text{Ku}$  были продолжены на внешнем пучке циклотрона У-300, в результате чего были уточнены значения периодов полураспада:  $^{260}\text{Ku} / T_{1/2} \sim 0,1$  сек/ и  $^{259}\text{Ku} (T_{1/2} \sim 3,5$  сек/. Полученные в 1972 году данные по спонтанному делению  $^{259}\text{Ku}$

хорошо согласуются с результатами предыдущих работ, проведенных в лаборатории.

♦ Построен анализатор нейтронов деления, работающий на линии с малой ЭВМ ТРА-1001. Детектор нейтронов на базе 36 пропорциональных  $^3\text{He}$ -счетчиков имеет эффективность регистрации 48%; осколки деления регистрируются полупроводниковыми  $\text{Si}(\text{Au})$ -детекторами. С помощью этой аппаратуры исследовались мгновенные нейтроны от спонтанного деления короткоживущих изотопов  $^{246}\text{Cf} / T_{1/2} = 36$  час/ и  $^{256}\text{Fm} / T_{1/2} = 2,6$  час/. Эти изотопы получены в ядерных реакциях на циклотроне У-300 при облучении мишени из металлического  $^{238}\text{U}$  интенсивными внутренними пучками ионов  $^{12}\text{C}$  или  $^{22}\text{Ne}$ . Измерены средние числа нейтронов:  $\bar{\nu} = 3,14 \pm 0,09$  для  $^{246}\text{Cf}$  и  $\bar{\nu} = 3,73 \pm 0,18$  для  $^{256}\text{Fm}$ ; для обоих изотопов определены также распределения числа нейтронов.

3. Выполнены модельные эксперименты для выяснения возможности разделения далеких трансурановых элементов /  $Z > 108-114$ / методом газовой термохроматографии. Проведен цикл работ по изучению поведения трансурановых элементов в растворах с целью усовершенствования методов изготовления циклотронных мишеней и выделения микрограммовых количеств  $^{246}\text{Cm}$  из этих элементов.

### Поиск изотопов сверхтяжелых элементов в природных материалах

♦ Продолжались эксперименты по поиску сверхтяжелых элементов в природе. В результате дополнительного анализа было показано, что значительная

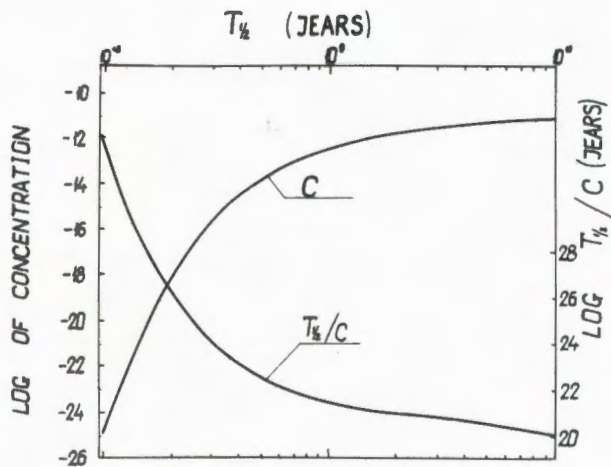
часть следов в свинцовых стеклах может быть связана с делением свинца нуклонной компонентой космических лучей. Проанализированы условия, при которых стекла, содержащие примеси тяжелых элементов, могут быть использованы для поиска сверхтяжелых элементов.

◇ С помощью нейтронного детектора, установленного в соляной шахте, производилась регистрация нейтронов спонтанного деления в метеоритах, имеющих избыточное содержание ксенона. Проведено исследование метеорита "Саратов", для которого предполагается отношение концентрации сверхтяжелого элемента к концентрации урана в момент удержания составляло  $\sim 10^{-4}$ . Наблюдался слабый счет от нейтронов спонтанного деления, который не может быть отнесен к спонтанному делению урана. Если наблюдаемый эффект отнести к распаду сверхтяжелого элемента, то при  $T_{1/2} \geq 3 \cdot 10^8$  лет содержание его в настоя-

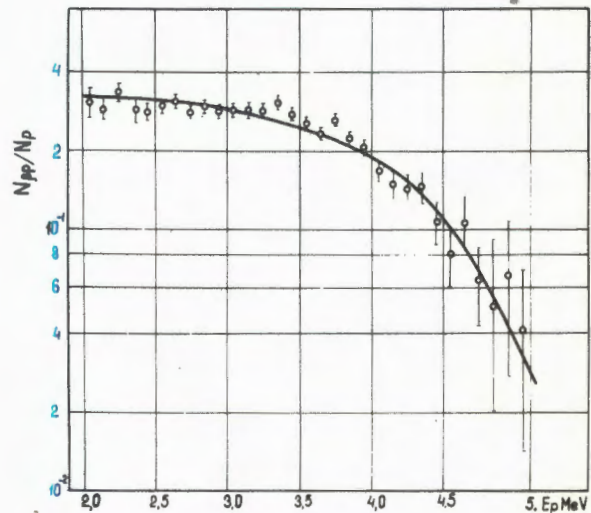
щее время в метеорите составляет менее чем  $10^{-14}$  граммов на грамм вещества.

### Протонно-радиоактивные ядра

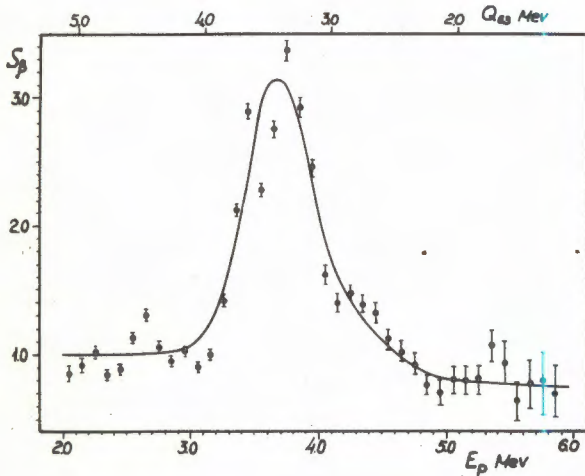
Исследовались свойства распада легких изотопов теллура. Проведено измерение  $\beta^+$ -р совпадений для  $^{109}\text{Te}$ . Из сравнения спектров протонов в совпадении с позитронами и без таких совпадений получена разность дефектов масс  $^{109}\text{Te}$  и  $^{108}\text{Sn}$ , равная  $7,14 \pm 0,10$  Мэв. Проанализирована зависимость отноше-



36. Зависимость концентрации гипотетического материнского элемента, продуктом деления которого является ксенон, в углистых хондритах от периода полураспада. Кривая  $T_{1/2}/C$  показывает кажущийся период спонтанного деления вещества метеорита.



37. Отношение интенсивностей протонов, измеренных в совпадении с позитронами и без совпадений, как функция энергии протонов для  $^{109}\text{Te}$ . Кривая является расчетной, соответствующей оптимальным значениям параметров  $(Q_{\text{ЕС}} - V_p)$  и  $\epsilon_{\beta}$ .  $Q_{\text{ЕС}}$  - полная энергия электронного захвата для  $^{109}\text{Te}$ ,  $V_p$  - энергия связи протона в ядре  $^{109}\text{Te}$ ,  $\epsilon_{\beta}$  - эффективность регистрации позитронов.



ния вероятностей  $\beta^+$ -распада и  $K$ -захвата от энергии перехода.

Проведен анализ формы спектра  $^{109}\text{Te}$ . Обнаружен резонанс в силовой функции  $\beta$ -перехода, обусловленный влиянием перехода  $p(g_{9/2}) \rightarrow n(g_{7/2})$ . Получен и идентифицирован новый протонный излучатель  $^{119}\text{Ba}$ , измерен его период полураспада  $\sim 5,0$  сек/ и спектр протонов.

Разработан метод анализа тонкой структуры протонного спектра, позволяющий извлекать информацию о плотности уровней ядер, удаленных от линии бета-стабильности, в диапазоне энергий возбуждения от 3 до 6 Мэв.

### Спонтанно делящиеся изомеры

◇ Измерено угловое распределение осколков деления спонтанно делящихся изомеров  $^{236}\text{Pu}$ ,  $^{237}\text{Pu}$  и  $^{243}\text{Cm}$ , которые образуются в реакциях  $(\alpha, 2n)$  и  $(\alpha, 3n)$ . С помощью диэлектрических детекторов регистрировались осколки деления ядер отдачи, вылетевших из мишени. В случае изомера  $^{236}\text{Pu}$  обнаружена

38. Силовая функция  $\beta^+$ -распада  $^{109}\text{Te}$ . Резонанс может быть объяснен распадом протона из замкнутой оболочки  $g_{9/2}$  в нейтронное состояние  $g_{7/2}$ .

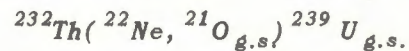
анизотропия в угловом распределении осколков. Это может быть связано с достаточно большим значением спина этого изомера.

◇ Определены сечения реакций  $(n, 2n)$  и  $(n, n')$  при энергии нейтронов 14,7 Мэв, приводящих к образованию спонтанно делящихся изомеров. Показано, что сечение образования изомеров в реакциях  $(n, 2n)$ , которые протекают через составное ядро, значительно больше, чем в прямых реакциях неупругого рассеяния нейтронов  $(n, n')$ .

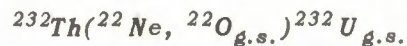
Проведены опыты по поиску  $\alpha$ -излучения при распаде спонтанно делящихся изомеров  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{240}\text{Am}$  и  $^{242}\text{Am}$ , образующихся в реакциях  $(n, 2n)$ . Для регистрации  $\alpha$ -частиц использовался многонитяной пропорциональный счетчик. Не обнаружено  $\alpha$ -излучателей с энергией выше 7 Мэв и с периодами полураспада в области  $10^{-5}$ - $10^{-2}$  сек. Это указывает на существование запрета с фактором  $\geq 10$  для  $\alpha$ -переходов с изомерных уровней.

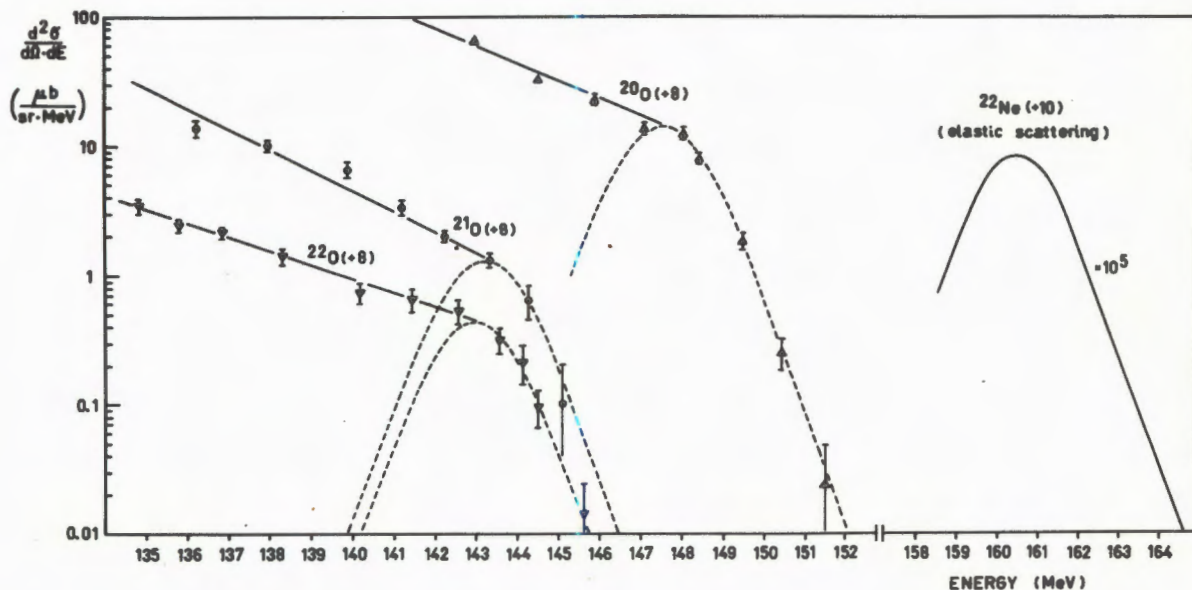
### Нейтронноизбыточные изотопы легких ядер

◇ Продолжались работы по изучению свойств нейтронноизбыточных изотопов легких элементов, получаемых в реакциях передачи с тяжелыми ионами. Путем измерения величины  $Q_0$  в реакциях



и



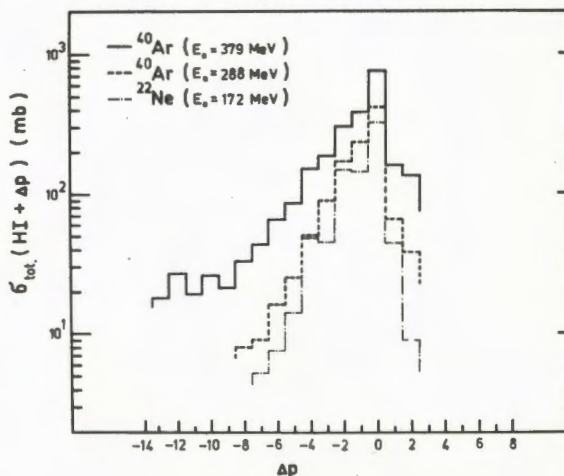


39. Измерение массы тяжелых изотопов кислорода  $^{21}\text{O}$  и  $^{22}\text{O}$ . Представлена высокоэнергетическая часть спектров  $^{20}\text{O}$ ,  $^{21}\text{O}$  и  $^{22}\text{O}$ . Пунктирной линией показана ожидаемая форма спектра при передаче нуклонов в основное состояние конечных ядер.

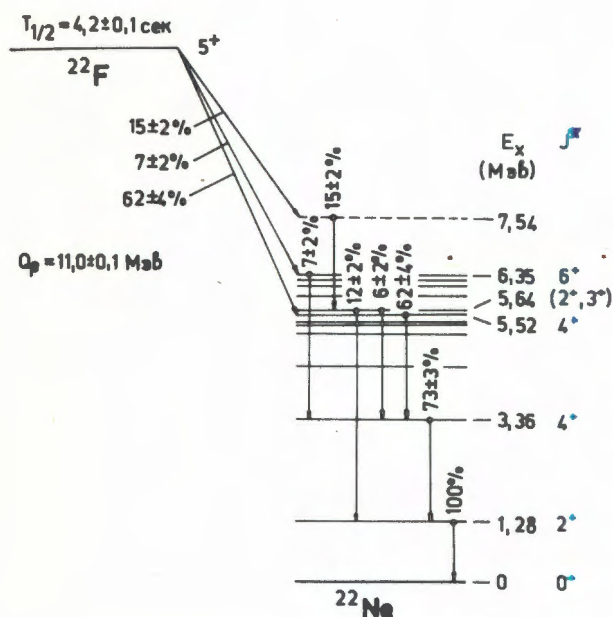
были определены неизвестные до этого массы тяжелых изотопов кислорода,  $^{21}\text{O}$  и  $^{22}\text{O}$ . Величина  $M-A$  для  $^{21}\text{O}$  и  $^{22}\text{O}$  оказалась равной соответственно

$$9,3^{+0,3}_{-0,7} \text{ Мэв и } 11,5^{+0,2}_{-0,5} \text{ Мэв.}$$

Изучался механизм реакций передачи при взаимодействии ионов  $^{22}\text{Ne}$  с энергией 174 Мэв ионов  $^{40}\text{Ar}$  с энергией 280 и 380 Мэв с ядрами  $^{232}\text{Th}$ . Легкие продукты реакции регистрировались с использованием телескопа  $\Delta E, E$  и магнитного анализатора с телескопом  $\Delta E, E$ , помещенным в фокальную плоскость. Измерены сечения, угловые распределения и энергетические спектры многих продуктов реакций передачи. Показана возможность передачи ядру мишени большого числа нуклонов. Экспериментально получены данные о сечениях



40. Сечение образования легких элементов при облучении  $^{232}\text{Th}$  ионами  $^{40}\text{Ar}$  и  $^{22}\text{Ne}$  ( $\Delta p$  - число сорванных /-/- с налетающего ядра или подхваченных /+/ налетающим ядром протонов).



41. Схема распада ядра  $^{22}\text{F}$ .

образования отдельных элементов и относительном выходе изотопов.

◇ С помощью электромагнитного масс-сепаратора на пучке циклотрона тяжелых ионов исследовался распад  $^{22}\text{F}$ . Определена максимальная энергия бета-спектра, которая составляет  $5,5 \pm 0,1$  МэВ и отличается от известной в литературе величины  $11,2 \pm 0,6$  МэВ. Период полураспада  $^{22}\text{F}$  равен  $4,2 \pm 0,1$  сек. Предложена новая схема распада  $^{22}\text{F}$ .

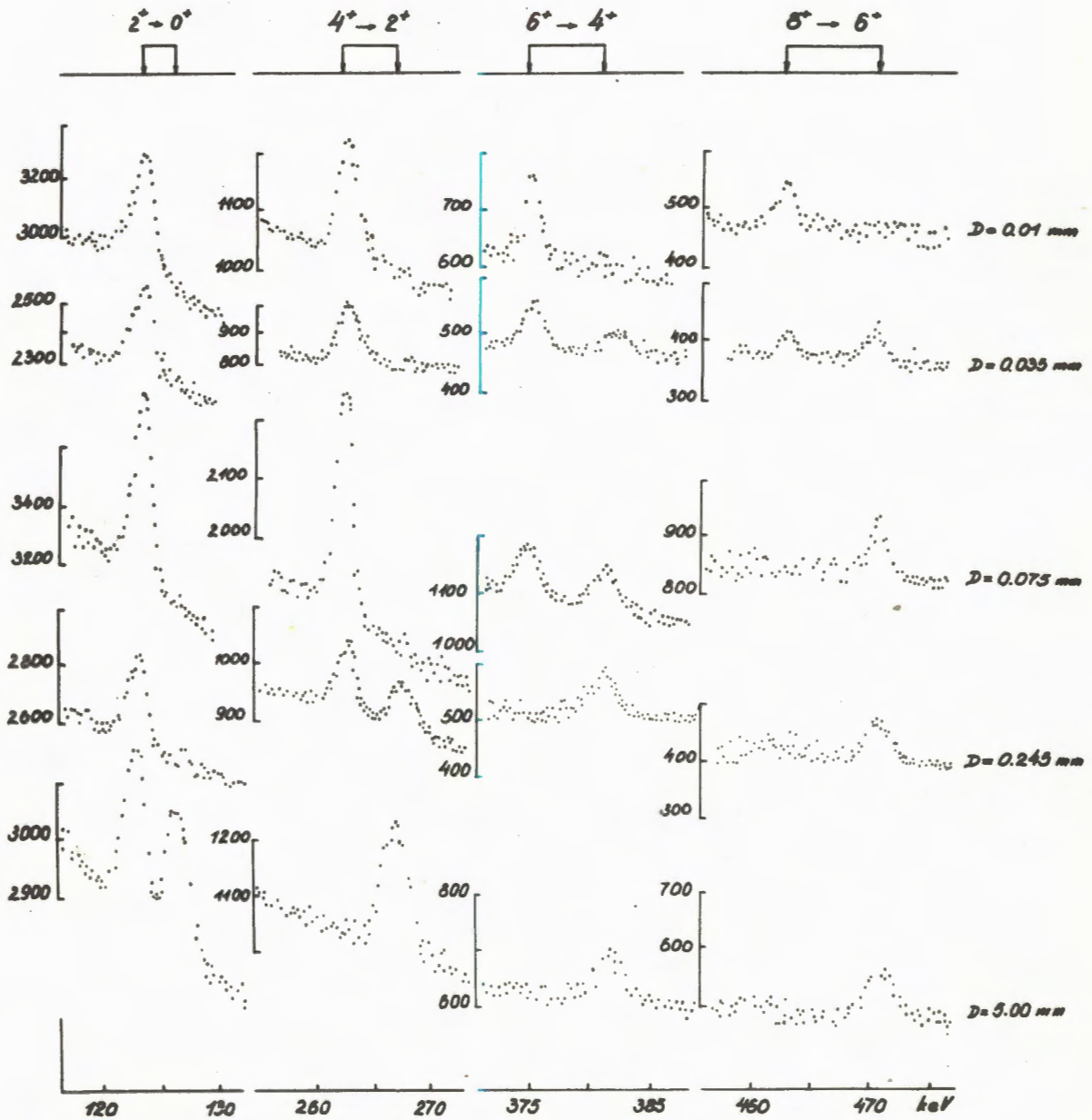
### Механизм взаимодействия тяжелых ионов с ядрами

◇ Завершена обработка экспериментальных данных, и получены значения времен жизни составных ядер, образующихся

при облучении монокристаллических мишеней из  $^{181}\text{Ta}$  и разделенного изотопа  $^{186}\text{W}$  ионами  $^{11}\text{B}$ ,  $^{12}\text{C}$ ,  $^{16}\text{O}$ ,  $^{22}\text{Ne}$ ,  $^{31}\text{P}$ , с использованием метода "эффекта теней". Обнаружено закономерное изменение времени жизни составных ядер при изменении атомного номера и энергии возбуждения ядер. Анализ показал, что при расчете абсолютных ширин распада лучшее, чем в модели ферми-газа, описание экспериментальных данных получается при использовании модели, которая предполагает постоянную температуру для зависимости плотности уровней от энергии.

◇ Изучено влияние качества монокристаллов, конечной толщины мишени и изменения энергии продуктов реакции на точность определения времен жизни. Показано, что метод "эффекта теней" в реальных условиях опыта позволяет измерять времена жизни составных ядер в диапазоне  $2 \cdot 10^{-18}$ – $5 \cdot 10^{-17}$  сек статистической погрешностью не хуже 20%. Подготовлена аппаратура, и начаты эксперименты с использованием монокристаллической мишени из двуокиси урана  $\text{UO}_2$ , охлаждаемой до температуры жидкого азота.

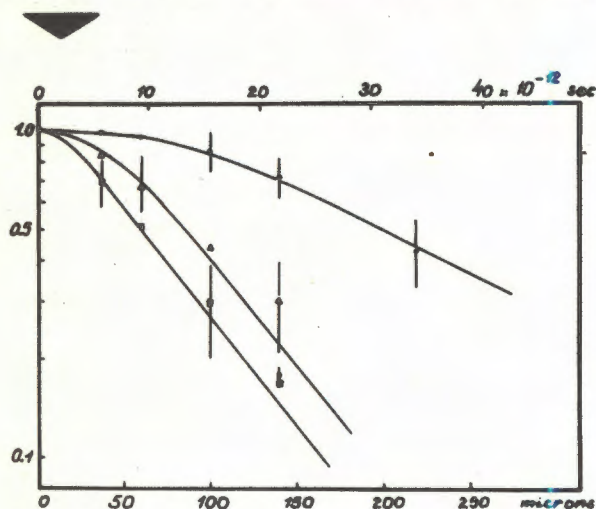
◇ Продолжались измерения времен жизни уровней ротационных полос основного состояния нейтродефицитных ядер, которые образуются в реакциях слияния на пучке тяжелых ионов. В этих опытах использовался метод доплеровского смещения на ядрах отдачи. Получены новые экспериментальные данные о временах жизни четырех переходов:  $8^+ \rightarrow 6^+$ ;  $6^+ \rightarrow 4^+$ ;  $4^+ \rightarrow 2^+$ ;  $2^+ \rightarrow 0^+$  в изотопах  $^{164}\text{Yb}$ ,  $^{162}\text{Yb}$ , находящихся в интервале  $10^{-9}$ – $10^{-12}$  сек. Впервые определены значения квадратурных моментов и параметров деформации этих изотопов.



42. Энергетические спектры  $\gamma$ -излучения изотопа  $^{164}\text{Yb}$  в реакции  $^{128}\text{Te}(^{40}\text{Ar}, 4n)$ . Наблюдается изменение отношения интенсивностей несмещенной  $\gamma$ -линии к смещенной в результате эффекта Доплера для переходов в ротационной полосе основного состояния в зависимости от расстояния между мишенью и стоппером ядер отдачи.

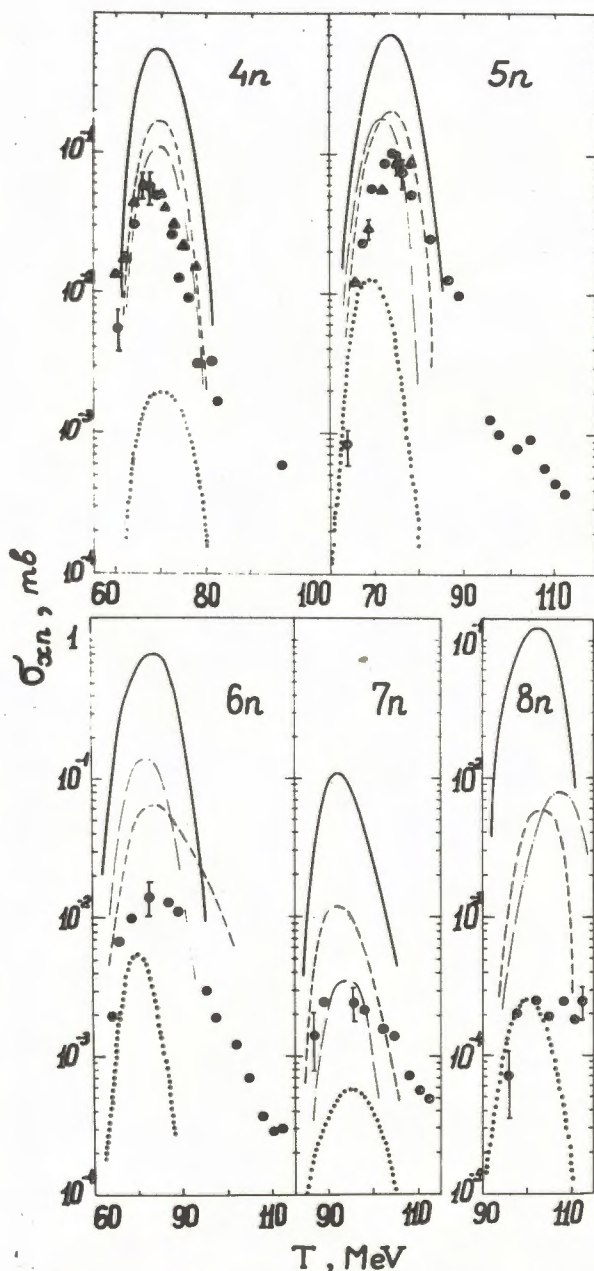


43. Кривые распада для уровней ротационной полосы основного состояния со спинами  $4^+$ ,  $6^+$ ,  $8^+$  для изотопа  $^{162}\text{Yb}$ .

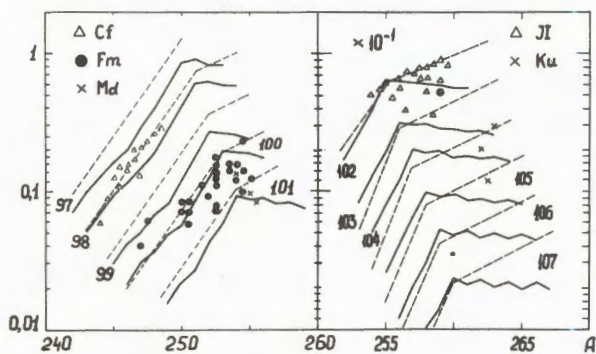


◇ Разработано полуфеноменологическое описание барьеров деления ядер с учетом жидкокапельных и оболочечных эффектов. Из экспериментальных значений барьеров деления выделена феноменологическая "нерегулярная часть", зависящая от оболочечных поправок, остаточных взаимодействий и других эффектов ядерной структуры. Оставшаяся "гладкая часть" аппроксимирована простой аналитической зависимостью. Проведен расчет отношения  $\Gamma_n / \Gamma_f$  для широкого диапазона  $Z$  и  $A$  составных ядер. С помощью метода Монте-Карло рассмотрена конкуренция процессов испарения и деления возбужденных составных ядер, образующихся в реакциях с тяжёлыми ионами.

◇ Модель внутриядерных каскадов обобщена на случай взаимодействия двух релятивистских ядер. В настоящее время это единственная модель, которая позволяет выполнять расчеты неупругих столкновений релятивистских ядер.



44. Функции возбуждения для реакции  $^{238}\text{U} (^{12}\text{C}, xn) ^{250-x}\text{Cf}$ . Кривые - результаты расчета методом Монте-Карло при различных наборах параметров,  $T$  - кинетическая энергия ионов в лабораторной системе, точки и треугольники - экспериментальные данные.



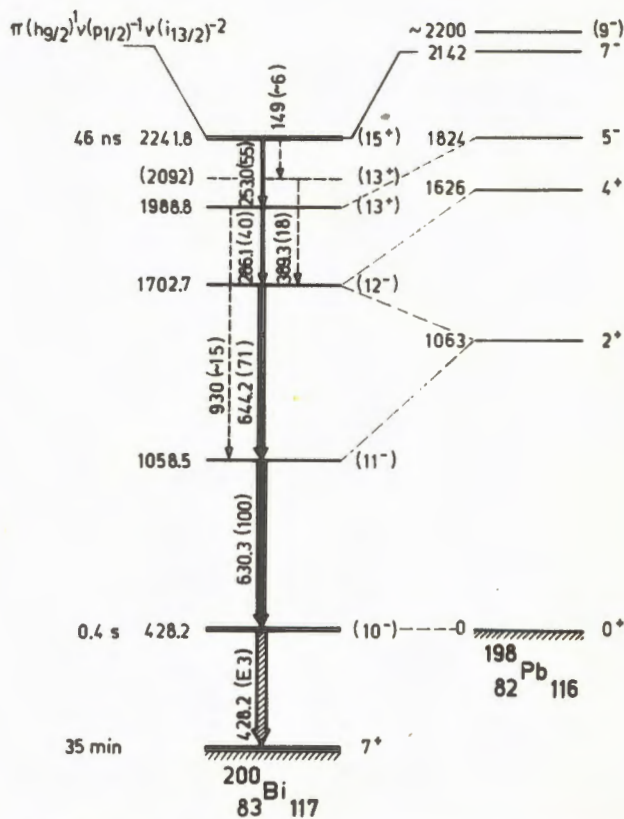
45. Зависимость отношения  $\Gamma_n / \Gamma_f$  от массового числа  $A$  в случае  $n$  тяжелых трансурановых и трансфермиевых элементов. Сплошные кривые соединяют результаты расчетов при энергии  $E^* = 16$  Мэв, точки и треугольники - экспериментальные данные.

### Изучение структуры ядра спектрометрическими методами

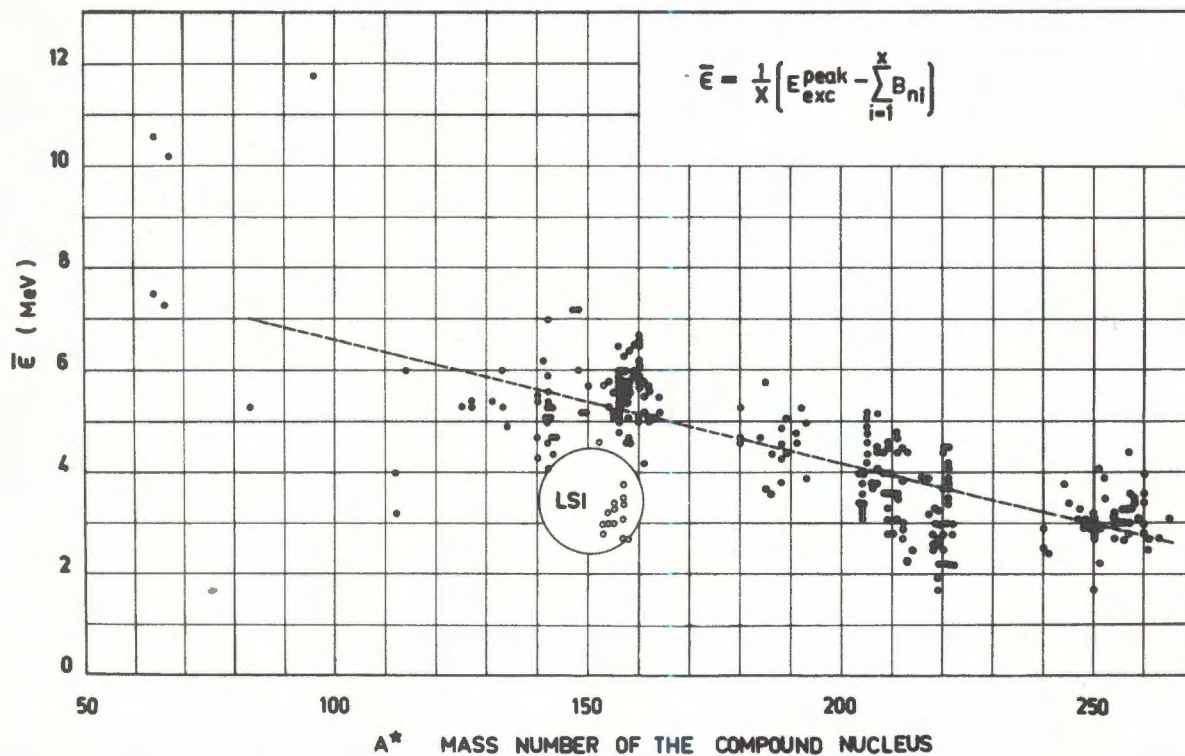
◆ Продолжались исследования структуры нейтрондефицитных ядер в области  $Z \geq 82, N \leq 126$  на пучке тяжелых ионов циклотрона У-300. В ядре  $^{213}\text{Fr}_{126}$  впервые выявлены низколежащие многочастичные уровни, принадлежащие к конфигурации  $(h_{9/2})^5$ . В четно-четных ядрах  $^{212}\text{Rn}$  и  $^{210}\text{Rn}$  обнаружена полоса уровней со спином  $I^\pi = 0^+, 2^+, 4^+, 6^+$ , которые являются членами протонного мультиплета  $(h_{9/2})^4$ . При распаде  $^{211}\text{Fr} \rightarrow ^{211}\text{Rn}$  идентифицирован ряд одночастичных состояний. В ядрах  $^{194}\text{Bi}$  и  $^{196}\text{Bi}$  найдены двухчастичные изомерные состояния с  $I^\pi = 10^-$  с конфигурацией  $p(h_{9/2})^1 n(i_{13/2})^{-1}$ . Исследовалась структура возбужденных состояний  $^{207}\text{At}$  и  $^{199,200,201}\text{Bi}$ .

◆ Изучаются свойства высокоспиновых многочастичных изомеров. Исследованы изомерные состояния со спином

$I^\pi = 10^-$  конфигурации  $p(h_{9/2})^1 n(i_{13/2})^{-1}$  в ядрах  $^{198}\text{Bi}$  и  $^{200}\text{Bi}$ , возбуждаемых в реакции  $^{191}\text{Ir} (^{12}\text{C}, 5n) ^{198}\text{Bi}$  и  $^{193}\text{Ir} (^{12}\text{C}, 5n) ^{200}\text{Bi}$  соответственно. В ядре  $^{200}\text{Bi}$  был обнаружен высоковозбужденный изомер с периодом полураспада  $T_{1/2} = 46 \pm 4$  нсек и конфигурацией  $p(h_{9/2})^1 n(p_{1/2})^{-1} n(i_{13/2})^{-2}$ . Наблюдался распад изомерного состояния в ядре  $^{204}\text{Bi}$ . Спин состояния  $I^\pi = 16^+$  и высокая энергия возбуждения указывают на четырехквазичастичную структуру этого изомера.



46. Схема распада двухквазичастичного и четырехквазичастичных состояний в ядре  $^{200}\text{Bi}$ .



47. Систематика средней энергии, приходящейся на один нейтрон, испаряемый в реакции типа  $(N1, xn)$ , в зависимости от массового числа составного ядра.

◇ Начались эксперименты по изучению высоковозбужденных вращательных состояний, где ожидается наблюдение фазовых переходов. Измерялись  $\gamma$ -переходы между вращательными состояниями ядер  $^{164}\text{Yb}$ ,  $^{180}\text{Os}$ ,  $^{166,168}\text{Hf}$ . Для ядра  $^{164}\text{Yb}$  методом  $\gamma\gamma$ -совпадений надежно идентифицирована вращательная полоса до уровня со спином  $I = 18$ .

◇ Проводилось измерение частоты прецессии магнитного момента  $^{77}\text{Se}$  для состояния с энергией 248 кэВ во внутренних полях никеля. Определено среднее значение магнитного поля  $H_{\text{Se}}(\text{Ni}) =$

$= 172 \pm 17$  кэрст. Измерена частота прецессии магнитного момента  $^{66}\text{Ga}$  для состояния с энергией 44 кэВ во внутренних магнитных полях  $\text{Ni}$  и  $\text{Co}$ :

$$H_{\text{Ga}}(\text{Ni}) = -13,5 \pm 2,5 \text{ кэ},$$

$$H_{\text{Ga}}(\text{Co}) = -53,5 \pm 2,5 \text{ кэ}.$$

## Экспериментальная аппаратура и научно-технические работы

◇ Сдана в эксплуатацию базовая ЭВМ лаборатории "Минск-32". В сотрудничестве с Лабораторией вычислительной

техники и автоматизации введено в действие математическое обеспечение в режиме совместимости с ЭВМ "Минск-32": библиотека стандартных программ, система программ накопления и обработки спектрометрической информации /ПО-ФИ/, транслятор с языка ФОРТРАН.

◇ Завершена разработка комплекса спектрометрических блоков /совместно с Физическим институтом и Институтом электроники Болгарии/. Испытан зарядово-чувствительный предусилитель для  $Ge(Li)$  и  $Si(Li)$  полупроводниковых детекторов с охлаждаемым входным каскадом, имеющий ширину линии шума не хуже 350 эв.

◇ Разработана и используется в эксперименте программа "Юпитер-16"

для накопления и обработки спектрометрических данных на малой ЭВМ ТРА-1001.

◇ Разработан и введен в действие комплекс аппаратуры "Пенал" для изучения процесса деления ядер с регистрацией числа нейтронов и энергии осколков. Аппаратура полностью выполнена на интегральных схемах.

◇ В сотрудничестве с учеными ДРВ продолжалась разработка методов активационного анализа путем использования фотоядерных реакций и  $(n, \gamma)$ -реакций с применением  $Ge(Li)$ -детекторов  $\gamma$ -лучей.

◇ Закончен монтаж микрофона на энергию электронов 15 Мэв, и ведутся пуско-наладочные работы.

# Лаборатория нейтронной физики

Основными направлениями научной деятельности Лаборатории нейтронной физики в 1972 году, в соответствии с планом, являлись исследования

- ядер с помощью нейтронов,
- фундаментальных свойств нейтрона,
- ядерных реакций с заряженными частицами при энергии до 5 Мэв,
- конденсированных сред методом рассеяния нейтронов.

В 1972 году после усовершенствования методики возобновились эксперименты с поляризованными ядерными мишенями и поляризованными нейтронами в резонансной области энергий. При этом была получена информация нового типа: измерены магнитные моменты двух компаунд-состояний эрбия при энергии возбуждения 6 Мэв.

Успешно развивались в лаборатории исследования  $\alpha$ -распада нейтронных резонансов и ультрахолодных нейтронов.

Большое место в деятельности Лаборатории нейтронной физики занимало строительство мощного импульсного реактора ИБР-2 и подготовка программы и аппаратуры для физических исследований на этом реакторе.

Совершенствовался и развивался измерительный центр лаборатории.

## Научно-исследовательские работы

### Магнитные моменты компаунд-состояний ядер

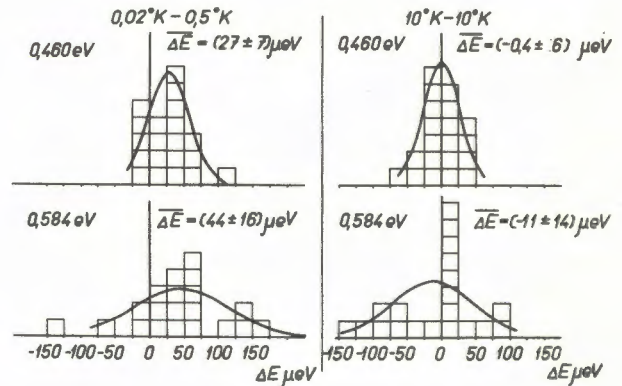
На реакторе ИБР-30 выполнен успешный эксперимент по измерению магнитных моментов двух компаунд-состояний эр-

бия-168, возбуждаемых при захвате нейтрона. Реализована предложенная в Лаборатории нейтронной физики идея определения сдвига нейтронного резонанса при ориентации ядер во внутриатомных магнитных полях при низких температурах.

Эксперимент состоял в исследовании пропускания нейтронов через мишень металлического эрбия при двух температурах:  $0,02^\circ$  и  $0,5^\circ$  К, создававшихся в рефрижераторе с растворением  $^3\text{He}$  в  $^4\text{He}$ . При температуре  $0,02^\circ$  К поляризация в доменах достигала 97% и наблюдался сдвиг резонанса /рис. 48/. Для достижения высокой точности измерения малых /  $\sim 10^{-4}$  эв / сдвигов резонансов по времени пролета применен метод регистрации тока детектора. Полученные величины магнитных моментов /в ядерных магнетонах/ равны  $0,9 \pm 0,4$  и  $1,8 \pm 0,9$  для резонансов  $0,46$  эв и  $0,58$  эв соответственно.

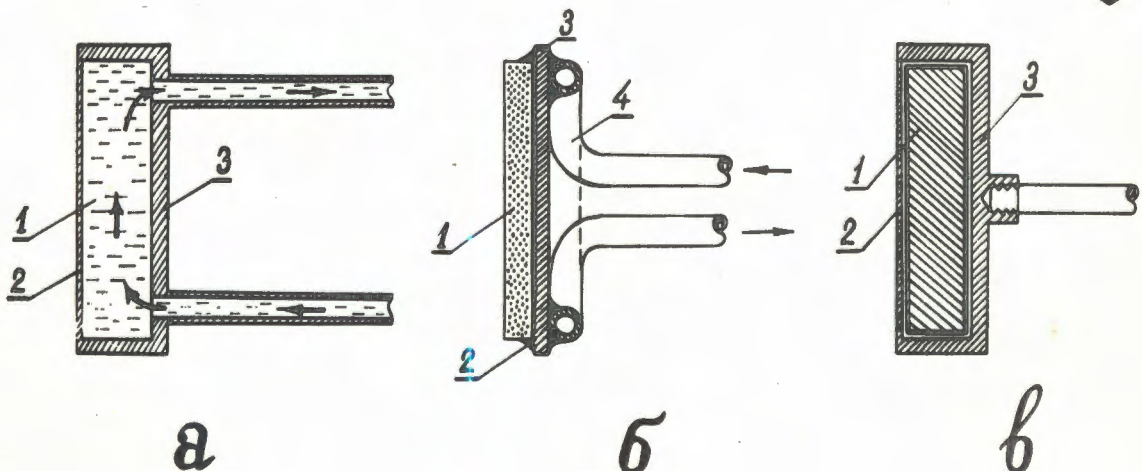
### Ультрахолодные нейтроны

◇ Конверторы ультрахолодных нейтронов /водяные, алюминиевые, магниевые и гидридциркониевые, рис. 49/ испытаны



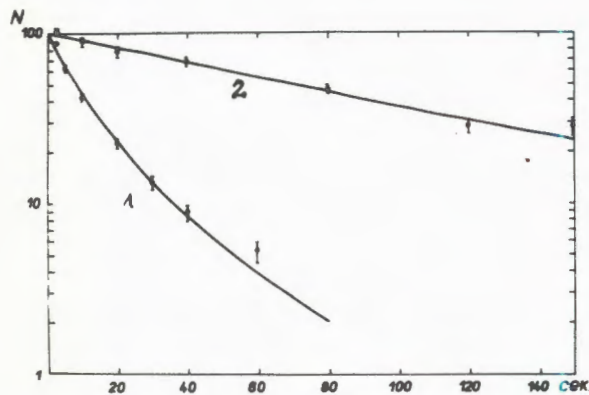
48. Распределения экспериментальных значений /гистограммы/ сдвигов  $\Delta E$  резонансов эрбия. Сплошные кривые - соответствующие распределения Гаусса. Результаты на левой половине рисунка - основные измерения, на правой - контрольные, когда сдвиг не ожидался.

49. Схемы конверторов ультрахолодных нейтронов, испытанных на реакторе с потоком  $10^{13}$  нейтрон/см<sup>2</sup> сек: а - водяной конвертор, закрытый алюминиевой фольгой толщиной 0,2 мм; б - гидрид-циркониевый конвертор, охлаждаемый водой; в - магниевый конвертор, закрытый тонкой алюминиевой фольгой. Цифра 1 на рис. а, б, в означает воду, гидрид циркония и магний соответственно.



на стационарном реакторе в условиях /поток  $\sim 10^{13}$  нейтрон/см<sup>2</sup>.сек/, когда возникают проблемы отвода тепла и радиационной стойкости. Оптимальным оказался конвертор из ZrH, который при 100° К обеспечил скорость счета УХН 100 имп/сек /в канале с потоком тепловых нейтронов  $5 \cdot 10^{12}$  / без заметного снижения выхода в течение полутора месяцев работы реактора.

◆ Новые эксперименты по удержанию УХН проведены для стеклянных и медных сосудов  $\phi$  80 мм, длиной 2-3 м. Наилучшие результаты /  $\tau = 100$  сек/ получены для стеклянного сосуда /рис.50/ и узкого спектра скоростей УХН. Показано, что для полного энергетического спектра УХН процесс доглощения не описывается простой экспонентой /т.е. одним эффективным временем удержания/.



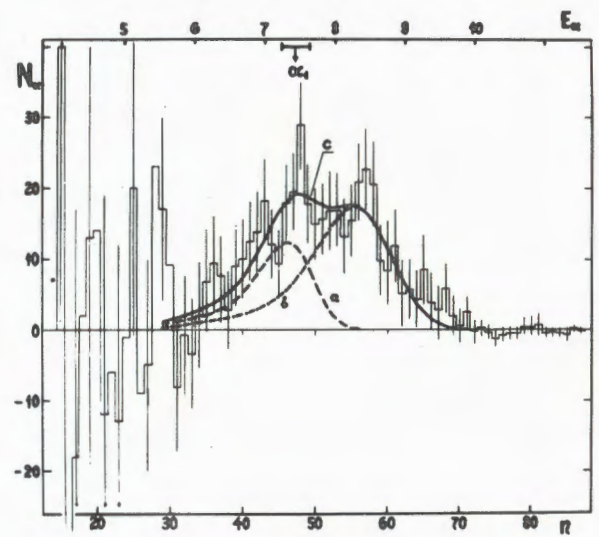
50. Зависимость числа нейтронов, оставшихся в стеклянном сосуде  $\phi$  80 мм, от времени хранения : 1 - борсодержащее стекло /более круто спадающая кривая/, спектр скоростей  $1,7 < v < 4,3$  м/сек; 2 - безборное стекло /пологая кривая/, спектр скоростей  $3,2 < v < 4,2$  м/сек.

## Альфа-распад резонансных состояний ядер

◆ Двухступенчатая реакция  $^{143}\text{Nd}(n, \gamma)^{140}\text{Ce}$  с выходом мягких гамма-лучей перед испусканием альфа-частицы предоставляет возможность исследования гамма-переходов между высоковозбужденными состояниями ядра.

С помощью ионизационной камеры /энергетическое разрешение с мишенью 1 Мэв/ измерены спектры альфа-частиц из этой реакции в резонансе 55,3 эв /рис. 51/.

Результаты анализа полученных данных совместно с данными для тепловых нейтронов свидетельствуют о меньшей величине факторов запрета гамма-переходов между высоковозбужденными сос-



51. Спектр альфа-частиц /гистограмма/ в резонансе  $E_{\alpha} = 55,3$  эв реакции  $\text{Nd}(n, \gamma)\text{Ce}^0$  после вычитания фона. В результате анализа получены: кривая a - спектр непосредственно испускаемых альфа-частиц, кривая b - спектр  $(\gamma)$ -распада, c - суммарная кривая.

тояниями /в сравнении с гамма-переходами на основное состояние/ и преобладании переходов мультипольности  $M1$ .

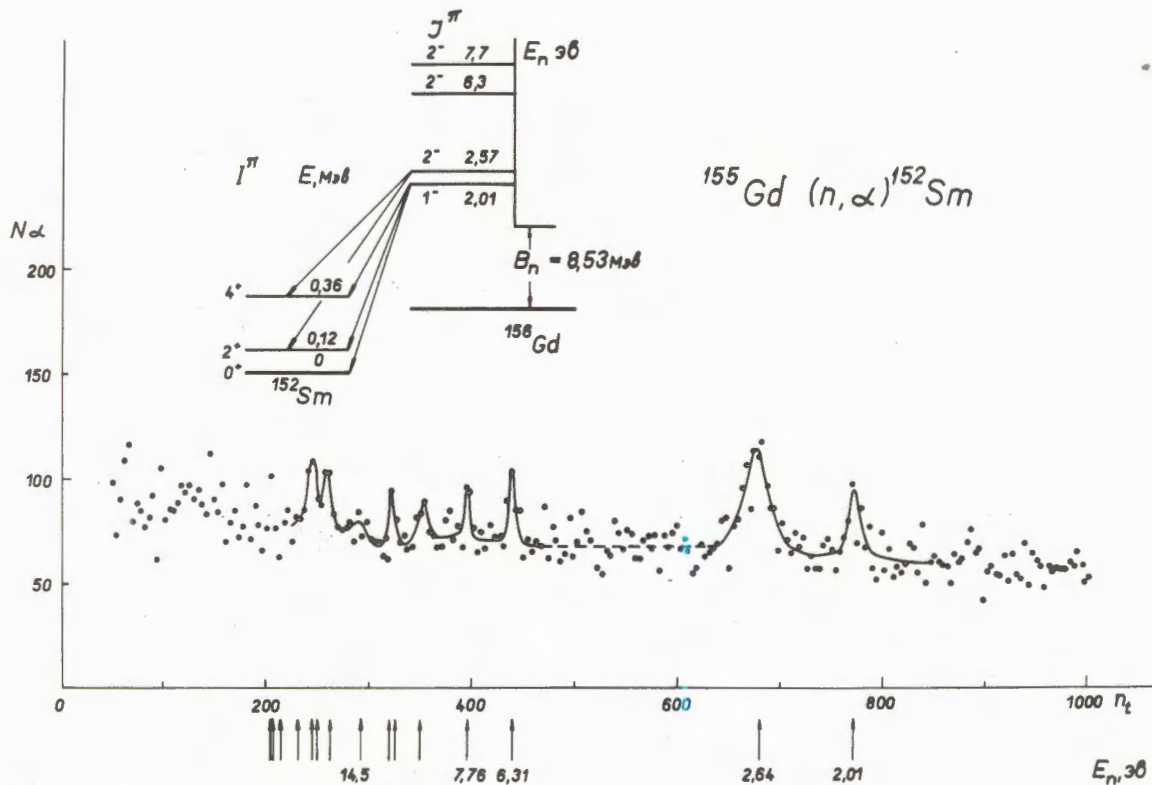
◇ *Альфа-распад из резонансных состояний* обнаружен для новых ядер:  $^{155}\text{Gd}$  /рис. 52/,  $^{151}\text{Eu}$ ,  $^{105}\text{Pd}$ . Измерения выполнены с помощью разработанного в лаборатории детектора - многосекционной пропорциональной камеры с малым собственным фоном и размерами мишени до  $1,3 \text{ м}^2$ .

### Угловые распределения рассеяния нейтронов

Асимметрия углового распределения рассеяния нейтронов с энергией менее

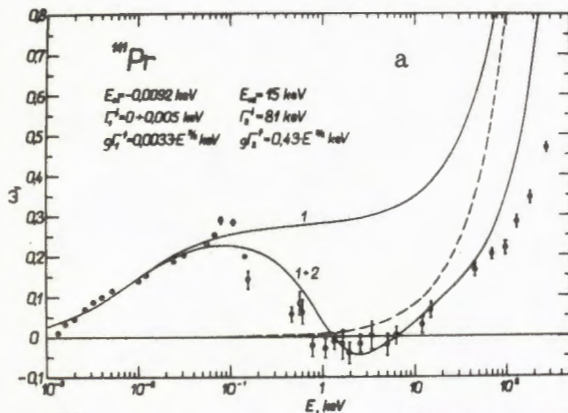
$0,2 \text{ Мэв}$  описывается коэффициентом  $\omega(E)$  в выражении для сечения  $\sigma(\theta, E) \sim (1 + \omega \cdot P_1(\cos \theta))$ . Для чисто потенциального рассеяния ожидается линейная зависимость  $\omega$  от энергии  $E$ .

В экспериментах, выполненных на ИБРе-30 по методу времени пролета, для празеодима и лантана наблюдалось аномальное поведение  $\omega$  в зависимости от энергии. Обнаруженная аномально большая асимметрия рассеяния при энергиях ниже  $1 \text{ кэв}$  может быть объяснена механизмом входных состояний. Энергии и ширины соответствующих состояний приведены на рис. 53.

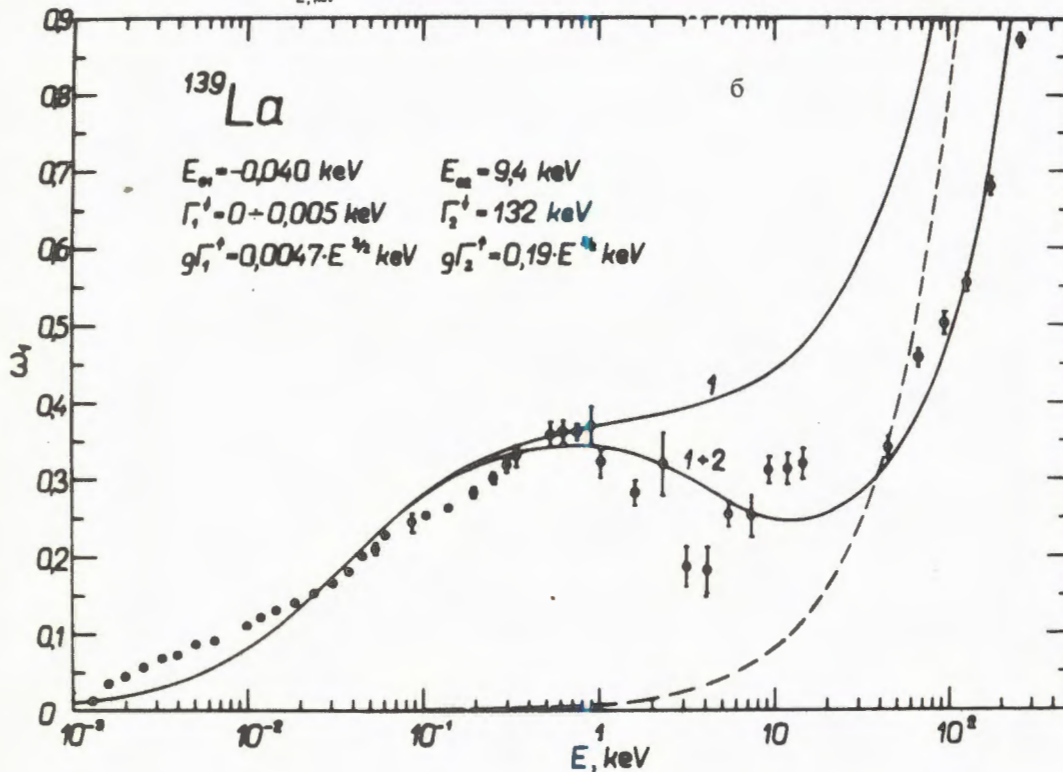


52. Нейтронные резонансы гадолиния-155, распадающиеся с испусканием альфа-частиц.





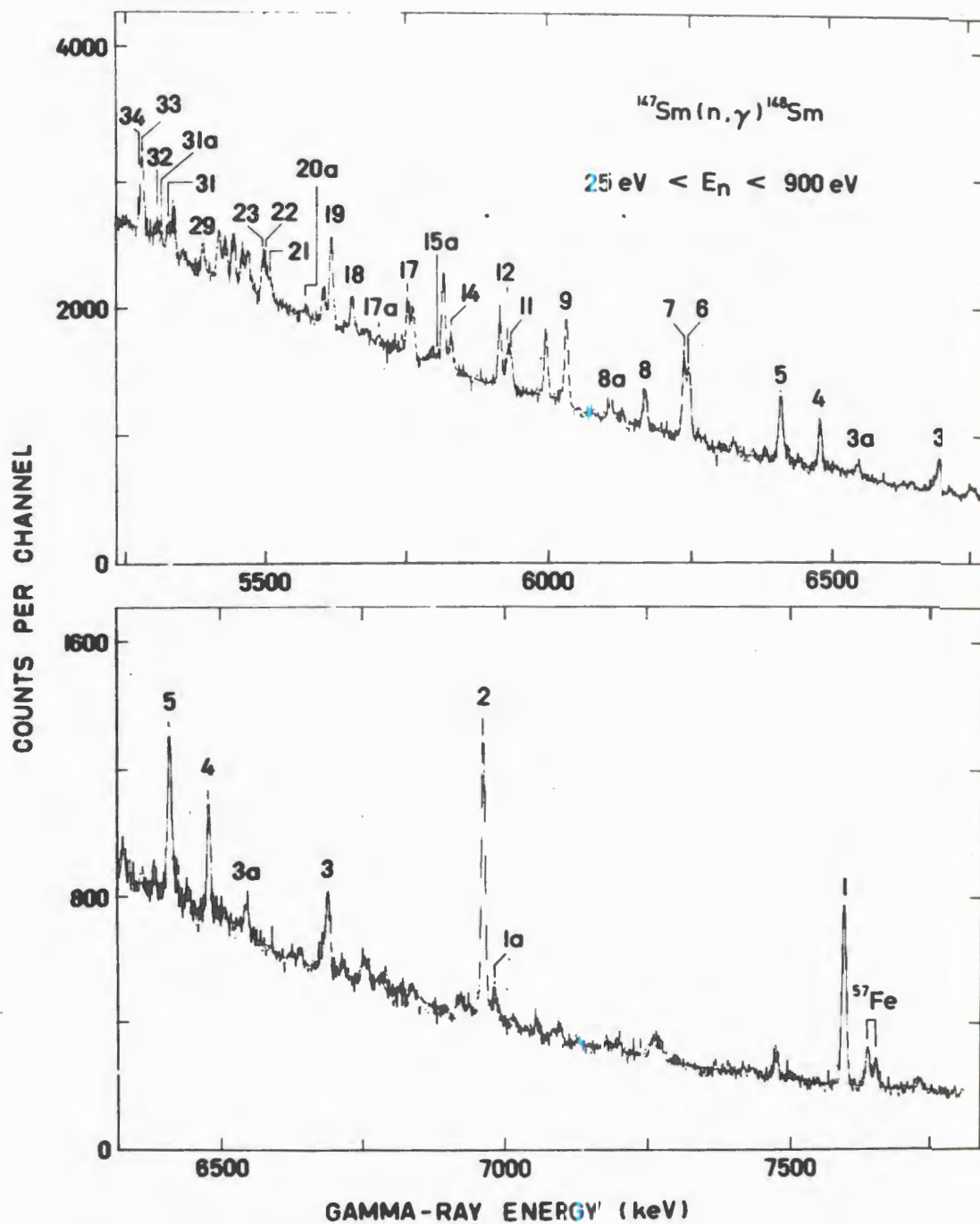
53. Аномалии в угловых распределениях рассеяния низкоэнергетических нейтронов на празеодиме /а/ и лантане /б/. Точки - экспериментальные значения коэффициента асимметрии  $\omega$ , штриховая линия - теоретически ожидаемое значение  $\omega = 0,008 E$ , сплошные линии  $E$ -расчетные с введением одного и двух квазистационарных  $p$ -состояний, параметры которых указаны на рисунках.



### Гамма-лучи резонансного захвата

Выполнены измерения спектров гамма-лучей от радиационного захвата нейтронов в резонансах самария-147. Получена богатая спектроскопическая информация о низколежащих уровнях самария-148 с энергией возбуждения до 2,5 Мэв

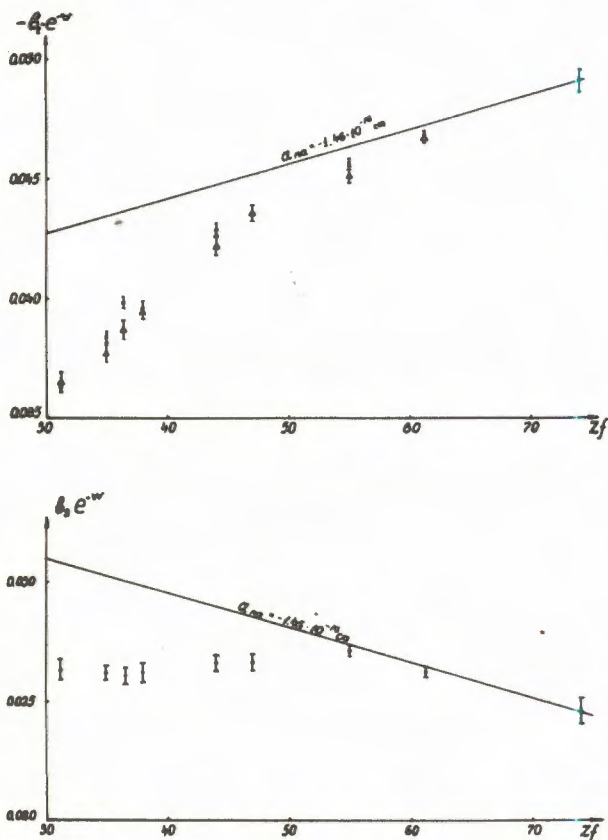
/рис. 54/. Большое количество уровней обнаружено впервые, для многих уровней получены значения спинов и четности. В результате проведенного анализа корреляций между различными ширинами достоверно не установлено. Распределение парциальных радиационных ширин согласуется с ожидаемым по теории Портера-Томаса.



54. Усредненный /по резонансам/ спектр жестких гамма-лучей составного ядра  $^{148}\text{Sm}$ , полученный с помощью гамма-спектрометра высокого разрешения.

### Взаимодействие нейтрон-электрон

Изучена дифракция нейтронов на монокристаллах, обогащенных изотопом  $^{186}\text{W}$  /с положительной и отрицательной когерентной амплитудой/, на стационарном реакторе. Использована новая дифракционная установка с улучшенными параметрами. Высокая точность измерений позволила надежно подтвердить обнаруженное еще в 1969 году отклонение экс-



55. Когерентная амплитуда рассеяния нейтронов на монокристалле, обогащенном изотопом  $^{186}\text{W}$ , для различных отражений / $t$  - формфактор отражения,  $Z$  - заряд ядра/. Видно отклонение экспериментальных точек от теоретически ожидаемого /прямая линия/ проявления  $pe$ -взаимодействия,  $b_1$  - отрицательная и  $b_2$  - положительная когерентные амплитуды рассеяния.

периментальных результатов от теоретически ожидаемого проявления  $pe$ -взаимодействия /рис. 55/. Известное значение  $a_{ne} = -1,5 \cdot 10^{-16} \text{ см}$  получается, если допустить существование слабого дополнительного рассеяния, дающего вклад в брэгговские пики. Поставлены первые эксперименты по выяснению природы этого рассеяния.

### Нейтронная спектроскопия неделяющихся ядер

◇ Опыты по радиационному захвату нейтронов выполнены на разделенных изотопах иридия с разрешением 8 нсек/м. Определены энергии 106 резонансов, значения  $g\Gamma_n$  и средние расстояния между уровнями:  $/3,4 \pm 0,2/ \text{ эв}$  для иридия-191,  $/7,5 \pm 0,5/ \text{ эв}$  для иридия-193.

◇ Спины нейтронных резонансов гадолиния-157 измерены методом множественности гамма-квантов. Идентифицировано 30 резонансов со спином  $j=2$  и 21 резонанс со спином  $j=1$ . Нейтронные силовые функции  $S$  оказались не зависящими от спина:

$$S(j=1) = (2,1 \pm 0,7) \cdot 10^{-4},$$

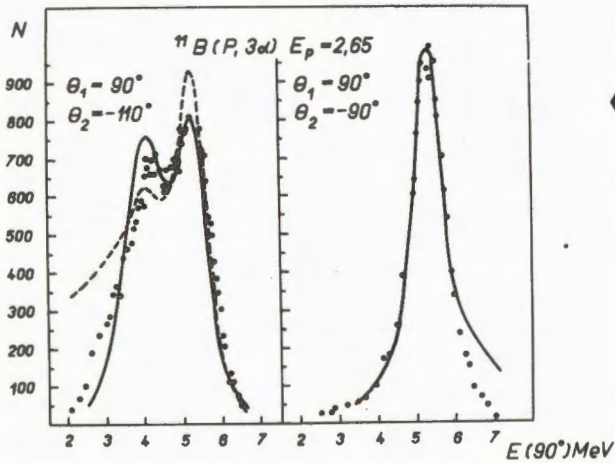
$$S(j=2) = (2,3 \pm 0,6) \cdot 10^{-4}.$$

Средние расстояния для уровней со спином 1 и 2 равны  $13,3 \pm 1,5$  и  $9,5 \pm 0,9 \text{ эв}$  соответственно. Выполнены теоретические оценки спинового эффекта в измерениях методом множественности с целью выбора ядер, пригодных для дальнейших исследований.

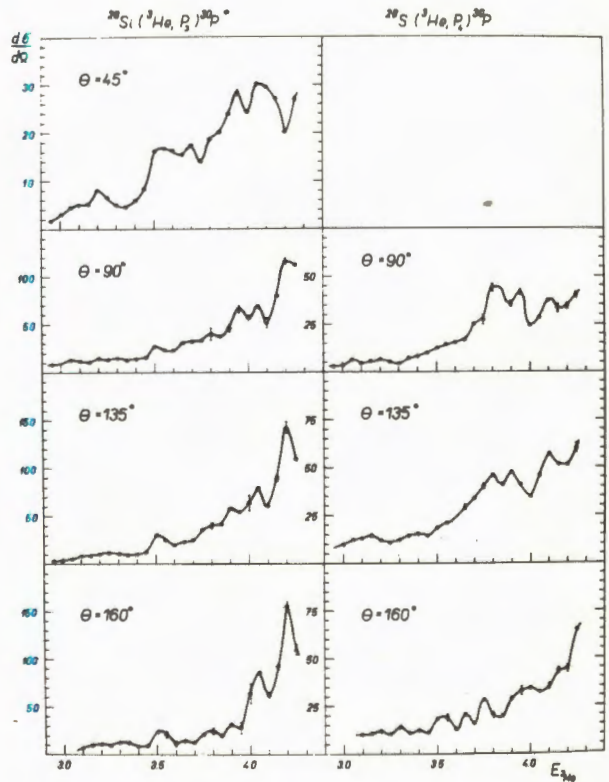
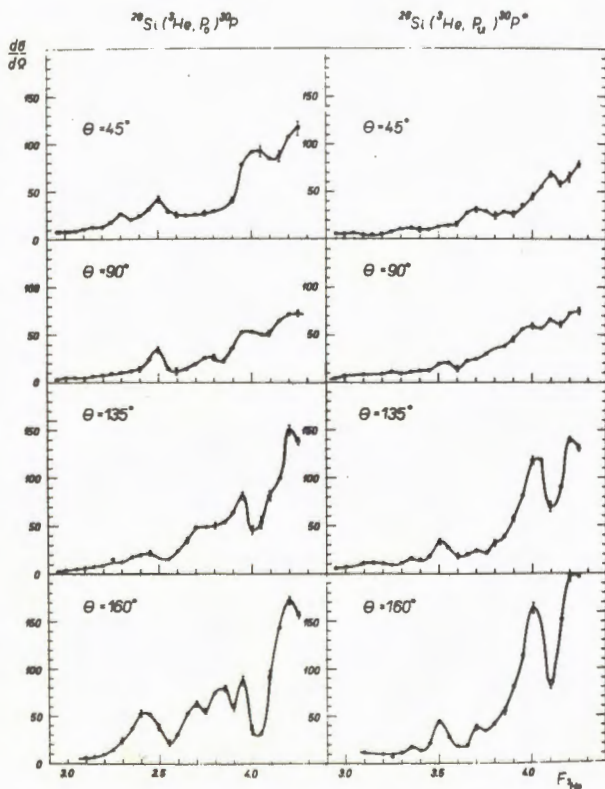
### Ядерные реакции

с заряженными частицами

◇ В реакции  $^{11}\text{B}(p, \alpha)$  при энергиях протонов 2,0 и 2,65 Мэв методом двумерного анализа определены спектры со-



56. Экспериментальные спектры альфа-частиц в реакции  $^{11}\text{B}(p,3\alpha)$ , испускаемых под углом  $90^\circ$  к пучку. Спектры получены при регистрации совпадений с другой  $\alpha$ -частицей, вылетающей под углом  $-110^\circ$  /рисунок слева/ и  $-90^\circ$  /рисунок справа/. Сплошная кривая - расчетная для спина и четности ядра  $^{12}\text{C}$   $j^\pi = 2^+$ , пунктирная - для  $j^\pi = 3^-$ .



57. Дифференциальные сечения реакции  $^{28}\text{Si}(^3\text{He}, p)^{30}\text{P}$ . По оси абсцисс - энергия гелия-3 в Мэв, по оси ординат - дифференциальное сечение в миллибардах на стерадиан.

впадения двух альфа-частиц для различных комбинаций углов их вылета относительно пучка протонов. Пример полученных результатов показан на рис. 56. Анализ данных выполнен на основе теории, учитывающей парные взаимодействия частиц в конечном состоянии. Для уровня 17,7 Мэв промежуточного ядра  $^{12}\text{C}$  подтверждено значение  $j^\pi = 0^+$ , и для уровня 18,37 Мэв получено значение  $j^\pi = 2^+$ .

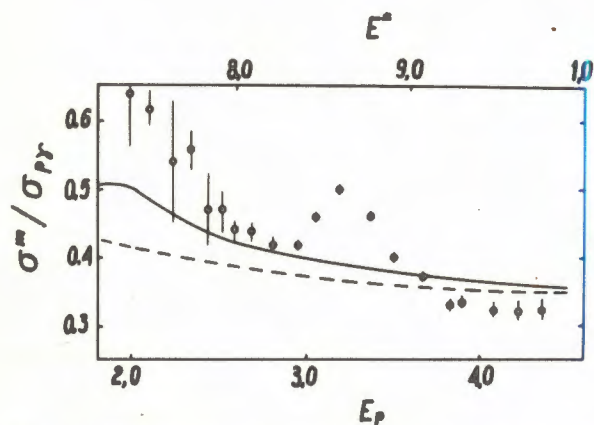
◇ Реакция  $^{28}\text{Si}({}^3\text{He}, p){}^{30}\text{P}$  исследована на пучке ускоренных ионов гелия-3 /ускоритель ЭГ-5/ в неизученном ранее интервале энергий 2,9-4,25 Мэв. Под углами 45, 90, 135 и 160° получены функции возбуждения и угловые распределения для основного и четырех нижних состояний ( $P_0, P_{12}, P_3, P_4$ ) конечного ядра. На рис. 57 показана часть данных этих экспериментов. Характер функций возбуждения и угловых распределений свидетельствует о проявлении как механизма реакции через составное ядро, так и механизма прямой реакции. Входных состояний в исследованной области энергий не обнаружено. В результате флюктуационного анализа функций возбуждения установлено значение средней ширины

уровней составного ядра  $\bar{\Gamma} = 40-70$  кэв /энергия возбуждения  $\sim 15,5$  Мэв/.

◇ В реакции  $^{110}\text{Cd}(p, \gamma){}^{111}\text{In}$  измерены изомерные отношения и заселенности уровней с  $E < 2,3$  Мэв. Работа нацелена на выяснение природы аномально интенсивного пика 5 Мэв в спектрах жестких гамма-лучей, испускаемых высоковозбужденными ядрами. Результаты для изомерного отношения показаны на рис. 58, они сильно отличаются от предсказаний статистической модели /пунктирная кривая/. Загиб при 2 Мэв и горб при 3,2 Мэв могут быть объяснены существованием выходных состояний, через которые проходят компаунд-ядра, распадаясь на низколежащие уровни.

### Эффект Мессбауэра на цинке-67

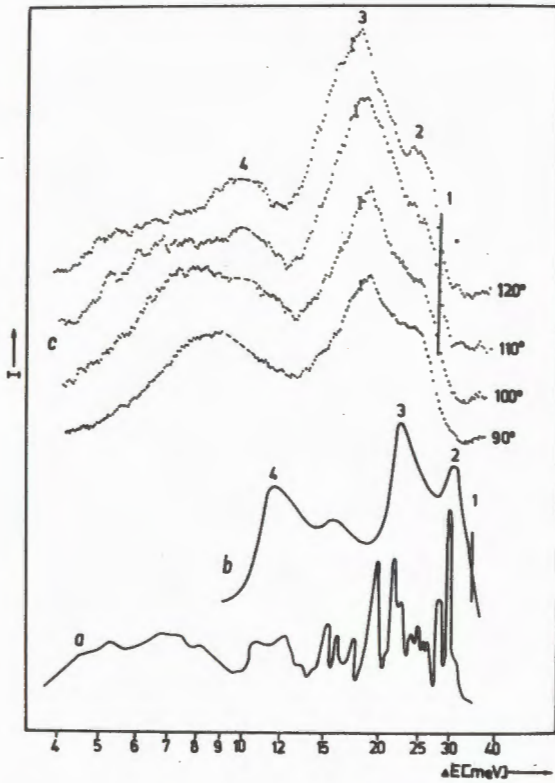
Осуществлена модернизация аппаратуры для определения спектров, и усовершенствована методика изготовления излучателей. Проведены новые измерения эффекта Мессбауэра с излучателем в окиси магния, точность эксперимента улучшена в три раза. Получены первые результаты в работе по изготовлению источника с излучателем в металлическом цинке.



58. Изомерные отношения в реакции  $^{110}\text{Cd}(p, \gamma){}^{111}\text{In}$ . Сплошные кривые — разные варианты теоретических расчетов.

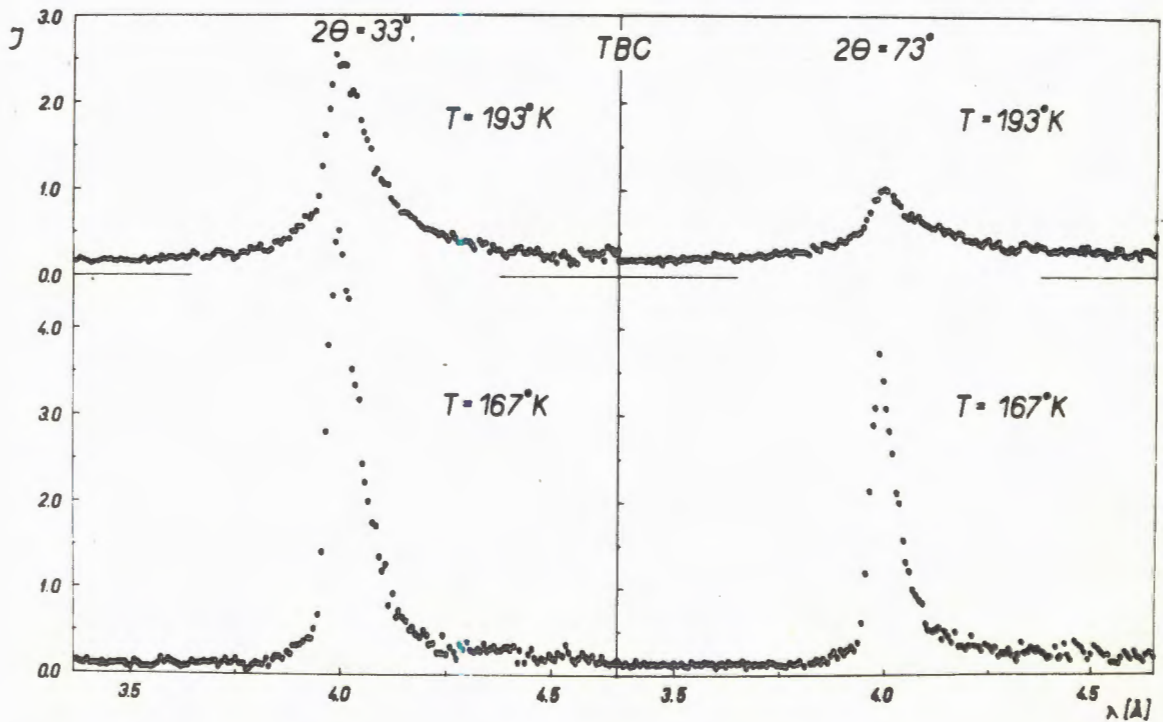
### Динамика конденсированных сред

◇ В опытах по некогерентному неупругому рассеянию тепловых нейтронов использовались поликристаллические образцы соединения  $\text{MgZn}_2$  /интерметалл со структурой фазы Лавеса/. Измерения проводились в обратной геометрии с бериллиевым фильтром перед детектором в широком диапазоне углов рассеяния и в диапазоне температур 75-1000° К. Экспериментально полученная плотность фонных состояний /см. рис. 59/ согласуется с расчетом по методу псевдопотен-



59. Спектры неупруго рассеянных нейтронов на образце  $MgZn_2$ , измеренные по методу времени пролета в обратной геометрии при разных температурах. Сплошные кривые - результаты расчета фононного спектра без учета /нижняя кривая/ и с учетом разрешения спектрометра.

60. Интенсивности квазиупругого рассеяния нейтронов в пластической /193°K/ и кристаллической /167°K/ фазах хлористого бутила.



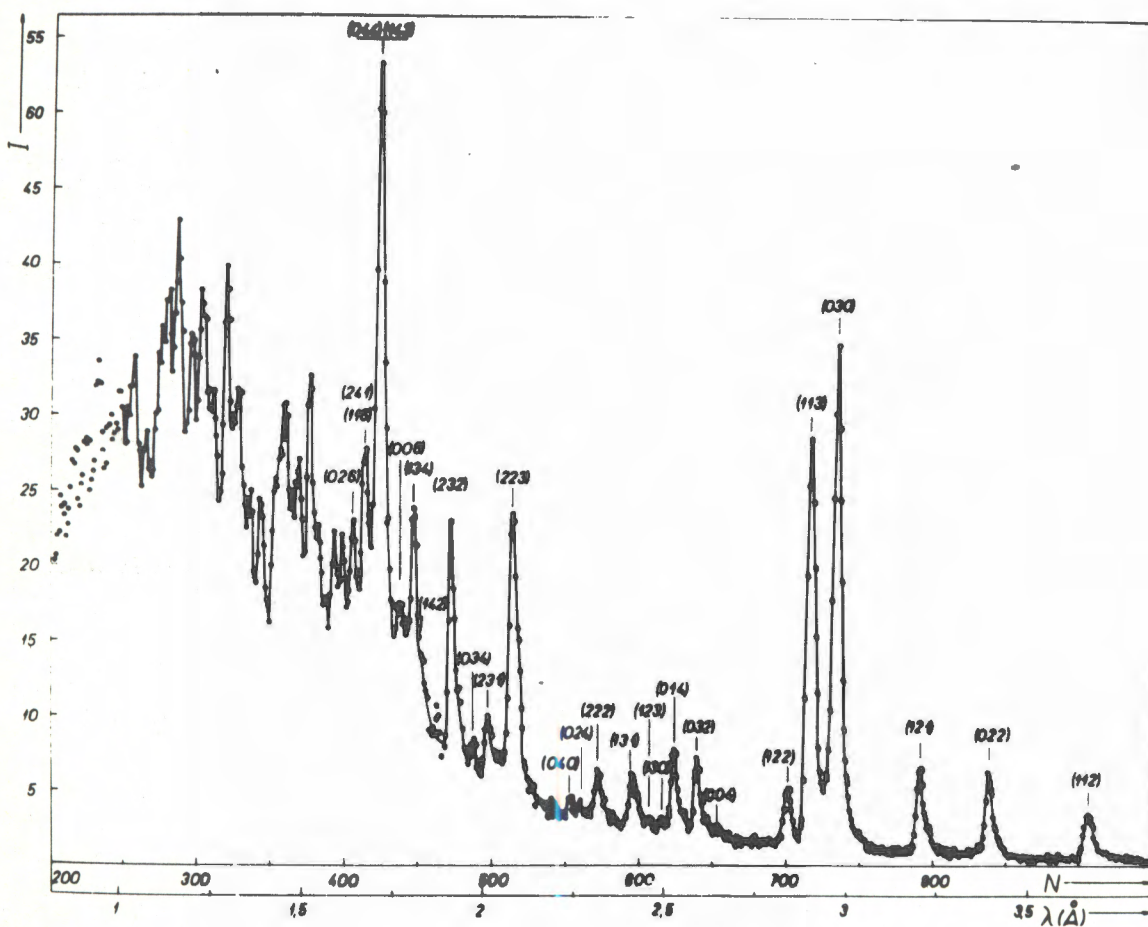
циалов и подтверждает существование низких оптических ветвей фононного спектра, предсказанных теоретически.

◇ *Квазиупругое рассеяние нейтронов* на хлористом бутиле  $(CH_3)_3CCl$  изучено с помощью спектрометра обратной геометрии КД-СОГ-1, позволяющего получать энергетические спектры рассеянных нейтронов одновременно под восемью углами. Исследовалась пластическая фаза, существующая в интервале температур 183-219° К. Обнаруженное уширение пиков квазиупругого рассеяния / см. рис. 60 / в пластической фазе /  $T = 193^\circ$  К / свидетельствует об одноосном вращении мо-

лекул. Среднее время между последовательными изменениями ориентации молекул найдено равным  $8 \cdot 10^{-12}$  сек.

### Магнетизм

◇ *Завершено исследование кондо-состояния / связанного состояния примесного магнитного момента и электронов проводимости / в разбавленном магнитном сплаве Al (0,5% Mn). Дополнительно измерены сечения рассеяния под несколькими углами в зависимости от энергии падающих нейтронов для различных температур*



61. Нейтронограмма по времени пролета для образца  $PrF_3$ .

образца. Совокупность всех экспериментальных данных свидетельствует в пользу теории динамического  $s-d$  обмена, согласно которой флуктуации нескомпенсированного магнитного момента приводят к неупругому рассеянию нейтронов. Получены следующие значения параметров:

температура Кондо  $T_k = 700_{-150}^{+300}$  °К,

энергия связи электронов  $\Delta_0 = 60_{-13}^{+26}$  МэВ,

размер электронного облака  $\xi \geq 6 \text{ \AA}$ .

♦ *Модель корреляционного спектрометра* для изучения магнитных взаимодействий испытана на ИБРе-30. Спектрометр позволит получить двухмерные спектры рассеянных нейтронов, т.е. энергетические спектры одновременно для нескольких начальных энергий нейтронов.

### Структурные исследования

Выполнено измерение дифракции нейтронов по методу времени пролета на поликристаллическом образце  $\text{PrF}_3$ . Полученная нейтронограмма показана на рис. 61. Определены неизвестные ранее положения атомов фтора в решетке кристалла. Методы рентгеновской дифракции не позволяли однозначно определить положение легких атомов /фтор/ при наличии тяжелых /празеодим/.

## Эксплуатация, совершенствование и развитие новых установок и аппаратуры

### Реактор ИБР-30 и ускоритель ЛУЭ-30

В 1972 году реактор ИБР-30 эксплуатировался до июня месяца. Число часов работы за это время составило 3120, из

них 1066 час реактор работал в режиме размножения нейтронов из мишени линейного ускорителя электронов ЛУЭ-30. Помимо физических экспериментов, на пучках реактора проводились испытания макета электронной системы управления и защиты /СУЗ/ проектируемого реактора ИБР-2 и измерения механических напряжений в ТВЭЛах ИБРа-30. В связи с неисправностью, возникшей в механической части технологической машины, реактор в июне был остановлен для ремонта и усовершенствования.

### Электростатические ускорители

Ускоритель ЭГ-2 эксплуатировался в соответствии с потребностями физического эксперимента. Ускоритель ЭГ-5 в 1972 году проработал на эксперимент 4100 часов.

### Сооружение реактора ИБР-2 с инжектором

Продолжались проектные работы, размещение заказов на оборудование, макетные испытания отдельных узлов и строительство зданий ИБРа-2. Успешно проходили испытания макета подвижного отражателя ИБРа-2 и испытания макета системы управления и защиты, разрабатываемой в ИЯИ /ПНР/. Продолжалось строительство зданий для ИБРа-2 с инжектором.

В ходе работ по инжектору ЛИУ-30 закончен важный этап: изготовлен и запущен головной образец линейного ускорителя, начаты его испытания. В ЛНФ продолжались изготовление и монтаж электронной пушки, выполнялись расчеты по проведению пучка электронов через ускоритель.



## Подготовка физических экспериментов на ИБРе-2

◇ Составлен план постановки первоочередных ядерно-физических экспериментов на ИБРе-2. С пуском этого реактора получают развитие новые направления исследований, начатые на ИБРе-30: эксперименты с поляризованными нейтронами и поляризованными ядрами, измерения магнитных моментов компаунд-состояний ядер, изучение фундаментальных свойств нейтрона /опыты с ультрахолодными нейтронами и измерение с их использованием электрического дипольного момента, изучение  $ne$ -взаимодействия/ и другие.

◇ Подготовлены проекты постановки экспериментов на ИБРе-2 в области физики твердого тела. Они будут проводиться на действующих спектрометрах КГДСОГ, ВКСН-300 и  $V-1$  /которые совершенствуются с учетом специфики этого реактора/, а также на вновь строящихся.

◇ Работы по инженерному обеспечению экспериментов на ИБРе-2 развивались в соответствии с планом. Собрано несколько секций нейтронных волноводов полного внутреннего отражения. Начат монтаж технологических систем жидководородного замедлителя. Продолжалось создание аппаратуры для измерения параметров импульсов реактора ИБР-2 и аппаратуры для мониторинга нейтронных пучков.

### Измерительный центр

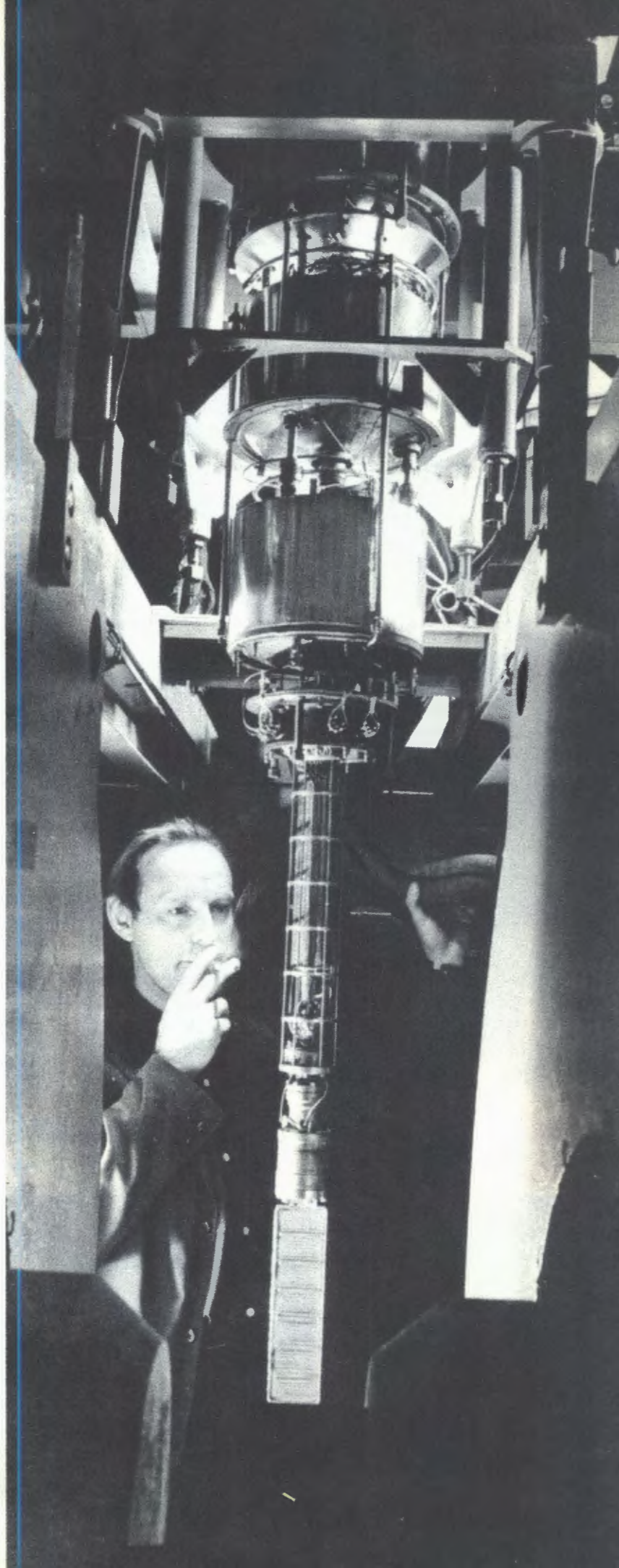
В течение года измерительный центр обеспечивал потребности физических экс-

периментов, выполняемых на пучках реактора и электростатического ускорителя.

Центр развивался и совершенствовался. Парк временных анализаторов пополнился 4 анализаторами типа АИ-4096. Продолжалась работа по автоматизации, повышению надежности и удобства использования аппаратуры центра. Создан и опробован /в системе спектрометра ДИН-1/ типовой комплекс блоков на микроэлементах: временной кодировщик, кодировщик номера датчика, контроллер, выходной регистр, блок передачи информации по кабелю. Совместно с Лабораторией вычислительной техники и автоматизации на БЭСМ-4 Лаборатории нейтронной физики подключен новый осциллограф со световым карандашом, работающий в автономном режиме через канал прямого доступа. На машине ТРА-1001 создана система двусторонней связи оператора с машиной с помощью осциллографа. Разработано и отлажено ее основное программное обеспечение.

Успешно проводились разработки аппаратуры временного анализа повышенного быстродействия / $10^5 - 10^7$  имп/сек/: запущены и испытаны в физическом эксперименте системы временного анализа на базе машин БЭСМ-4 и ТРА-1001, работающие в режиме токового и многосчетчикового анализа. Они сделаны с учетом использования на реакторе ИБР-2.

В рамках проекта измерительного центра ИБРа-2 в Лаборатории нейтронной физики осуществлялась разработка новой электронной аппаратуры, и проводились ее испытания на ИБРе-30, в Центральном институте физических исследований ВНР велись электронные проектные работы.



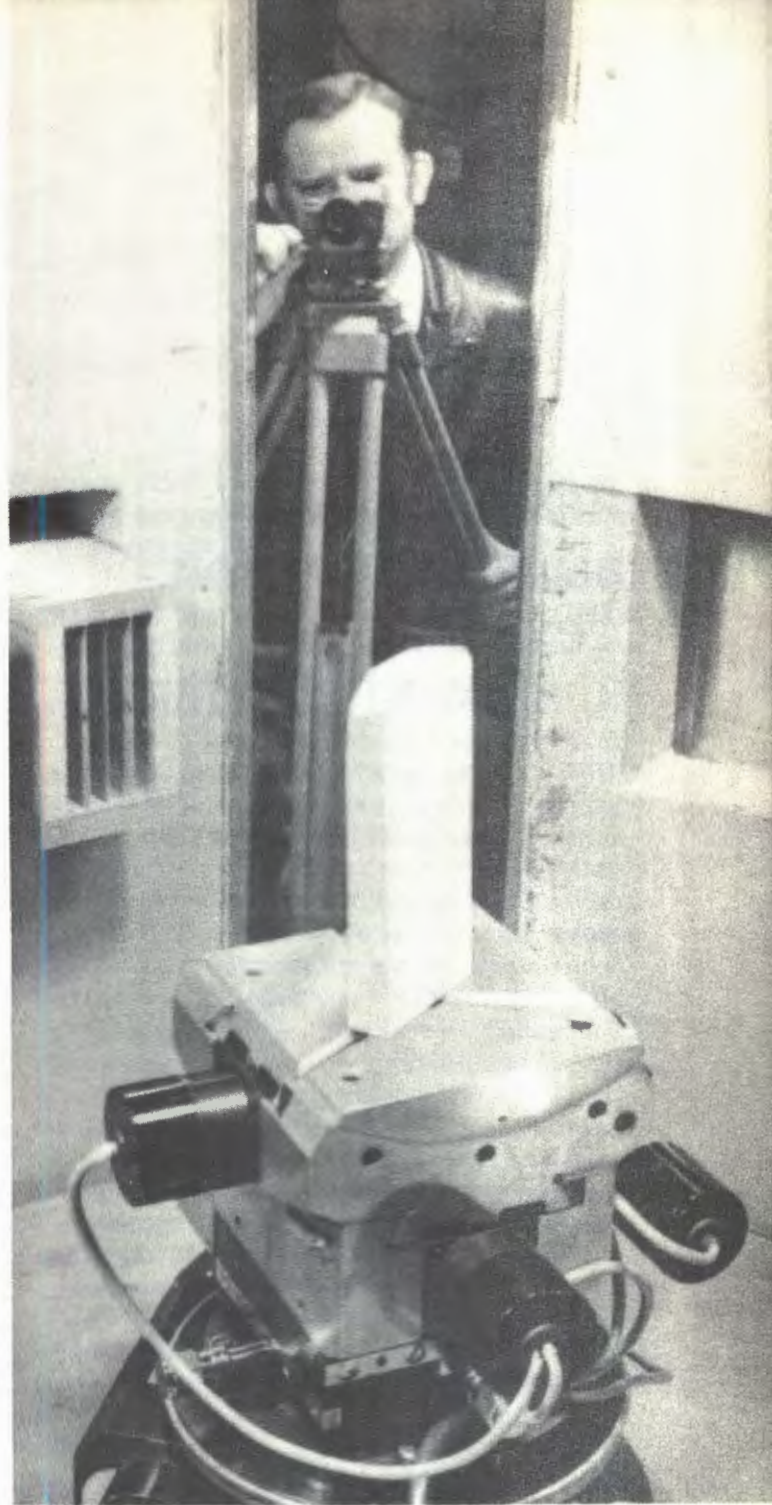
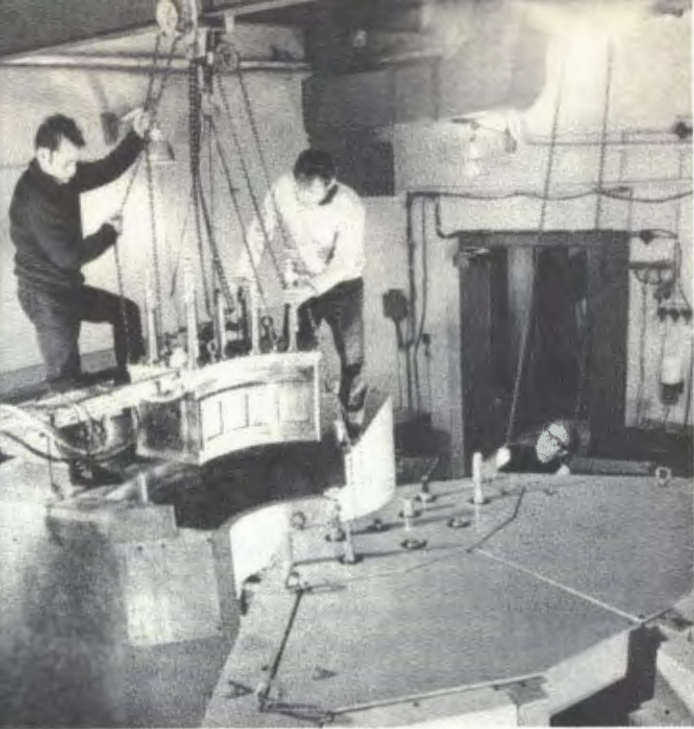
*Низкотемпературный криостат, работающий на основе метода растворения гелия-3 в гелии-4. Используется для исследований с ориентированными ядрами на пучке нейтронов.*



*Многосекционная пропорциональная камера предназначена для регистрации альфа-частиц в редких реакциях, вызываемых нейтронами. Обладает большой рабочей площадью мишеней /около 1 м<sup>2</sup> /.*

*Аппаратура для экспериментов на электростатическом генераторе ЭГ-5 по изучению реакций, вызываемых заряженными частицами на легких ядрах.*





*Краковско-дубненский спектрометр обратной геометрии используется для исследования динамики кристаллов и жидкостей. Прибор позволяет вести измерения энергетических спектров нейтронов одновременно для восьми углов рассеяния.*

*На строительстве комплекса ИБР-2.*



# Лаборатория вычислительной техники и автоматизации

## Эксплуатация электронных вычислительных машин

ЭВМ ЛВТА	Полезное время за год /в часах/	Среднесу- точное по- лезное вре- мя /в ча- сах/
БЭСМ-6	7326	21,2
БЭСМ-4-1	6978	21,1
CDC-1604A.	7577	21,6

## Измерительно-вычислительный комплекс ОИЯИ

Мощность центрального вычислительного комплекса ОИЯИ постоянно возрастает. В декабре 1972 года включена в состав этого комплекса новая мощная ЭВМ CDC-6200 /память 64К со временем выборки 1 мксек, семь периферийных процессоров/, что увеличило производительность центрального вычислительного комплекса примерно в два раза. Проведена большая работа по обеспечению эффективного использования этой ЭВМ. Созданная ранее библиотека стандартных программ БЭСМ-6 переведена на новую машину, что дало возможность пользователям БЭСМ-6 легко переводить свои задачи на CDC-6200.

♦ В соответствии с проектом много-машинного комплекса осуществлено объединение в единую систему БЭСМ-6, "Минск-2" /ЛЯП/, БЭСМ-4 /ЛНФ/, ТРА 1001 /ЛНФ/ и ТРА-1001 /ЛВЭ/, аппаратура проверена на тестовых и контрольных задачах. Линия связи БЭСМ-6 со спектрометрическим измерительным центром Лаборатории ядерных проблем введена в эксплуатацию. С ее помощью

решаются задачи автоматизированной обработки большого количества спектрометрической информации, полученной на синхротроне. Начата обработка спектрометрических данных, накапливаемых анализаторами Лаборатории нейтронной физики и передаваемых по линии БЭСМ-4 /ЛНФ/ - БЭСМ-6.

◆ *Подготовлены к сдаче в эксплуатацию фортранные станции на основе ЭВМ ТРА-1001 в ЛНФ и ЛВЭ / работа выполнялась совместно с ЦИФИ ВНР/. Эти станции, оснащенные внешними устройствами машины БЭСМ-6 и соответствующим математическим обеспечением, позволят физикам передавать из лабораторий свои задачи по линиям связи на БЭСМ-6 и получать результаты их обработки /листинги/ на лабораторных фортранных станциях и их внешних устройствах.*

Завершены инженерные разработки, связанные с модернизацией ЭВМ БЭСМ-4 в измерительных центрах ЛНФ и ЛВЭ. К БЭСМ-4 ЛНФ подключен магнитофон CDC-608.

Проведены работы по расширению оперативной памяти вычислительных машин БЭСМ-4 ЛВЭ и ЛНФ.

◆ *Создан проект подключения изготовленных в НРБ стандартных магнитофонов ЕС-5012 к машинам измерительно-вычислительного комплекса ОИЯИ. Составлена программа для совместной работы накопителей БЭСМ-6 /включая магнитофон CDC-608/ и читающего устройства CDC-405.*

### Математическое обеспечение ЭВМ

В лаборатории проделана большая работа по математическому обеспечению ЭВМ.

◆ *Завершена отладка алгоритмов обмена информацией по линиям связи измерительно-вычислительного комплекса ОИЯИ. Для нужд эксплуатации всей си-*

стемы ИВК разработаны алгоритмы слежения за работой системы и управления ею через дисплейную станцию БЭСМ-6.

Проводилось усовершенствование математического обеспечения БЭСМ-6. Создан транслятор с языка машины на автокод. Модифицированы транслятор с ФОРТРАНа и мониторная система.

Для входящих в состав измерительно-вычислительного комплекса ЭВМ БЭСМ-4 закончена разработка транслятора с ФОРТРАНа на язык машины с использованием макроассемблера. Транслятор сдан в эксплуатацию на БЭСМ-4 ЛВЭ. Для нового канала этих машин /МКС-2А/ подготовлены программы работы с магнитофонами CDC-608.

Продолжалось развитие библиотеки программ общего назначения для БЭСМ-6. Были заменены новыми версиями 26 программ, включено дополнительно 76 программ. На CDC-1604А запущено в работу 70 программ этой библиотеки. Готовится новое издание описаний библиотеки. Подготовлено общее руководство для пользования ею.

◆ *Велись работы по математическому обеспечению вычислительных систем ЕС ЭВМ /"Ряд"/. Создан вариант блок-схем и текста на автокоде транслятора с языка ФОРТРАН-IV. Для этих же систем подготовлено руководство по входному языку ФОРТРАН-I.*

Выполнено теоретическое исследование по проблеме реализации описания принципа умолчания в языке программирования ПЛ/1, имеющее значение для построения трансляторов с этого языка.

◆ *Отлажены генераторы случайных чисел для БЭСМ-6 с показательным и гауссовым распределениями, а также с распределением, заданным в виде программы.*

◆ *Создана библиотечная программа для малой ЭВМ ТРА-1001 и магнитофона CDC-608А, которая позволяет по*

командам с телетайпа записывать на магнитную ленту и вызывать в оперативную память ТРА другие программы, массивы данных и констант.

### Программы обработки снимков с трековых камер

Успешно опробована на материале двухметровой пузырьковой камеры "Людмила" созданная в ЛВТА система программ обработки фильмовой информации. Выполнена работа по развитию методики подбора констант в программе геометрической реконструкции "1-6" для обработки снимков с водородных камер.

Составлена программа модернизации и редактирования программ обработки фильмовой информации на ЭВМ БЭСМ-6.

Завершены работы по отладке системы программ обработки событий с магнитного искрового спектрометра МИС-5 ОИЯИ. Подготовлен вариант геометрической программы для обработки событий с МИС-6 ИТЭФ.

Создан вариант программы САМКС, предназначенный для накопления гистограмм и двухмерных диаграмм рассеяния. Разработана программа для определения кинематических параметров электронных треков с использованием аппроксимации средних потерь на излучение нормальным распределением. Предложен метод применения программы ПАЙТОН для определения параметров оптической системы жидководородных пузырьковых камер.

### Использование ЭВМ на линии

с экспериментальными установками

◆ Работы по математическому обеспечению экспериментов с бесфильмовыми

искровыми камерами на ускорителях ЛВЭ и ИФВЭ были связаны с завершением и сдачей в эксплуатацию системы программ КРАН-72 для контроля работы аппаратуры и накопления информации в цикле экспериментов с нейтральными каонами, проводимых на ускорителе ИФВЭ.

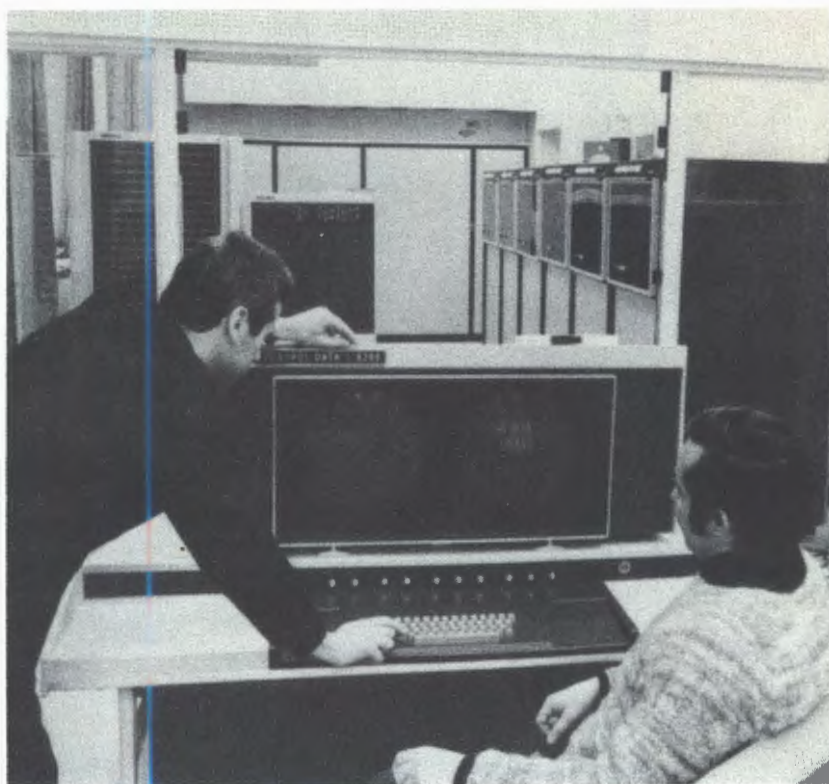
Совместно с Лабораторией высоких энергий разработаны алгоритмы и математическое обеспечение двусторонней связи ЭВМ и внешнего объекта для автоматического переключения режимов работы установки, управляемой ЭВМ. Усовершенствованы способы общения ЭВМ с экспериментатором благодаря переходу от табличного представления результатов к графическому с использованием стандартных программ. Сформированы программные блоки для прямого эффективного контроля бесфильмовых камер в реальном масштабе времени с применением автоматического распознавания геометрических образов.

Расширение объема программного обеспечения /без увеличения таких ресурсов ЭВМ, как оперативная память/ стало возможным в результате разработки стандартной программы вычисления статистических рядов с упаковкой нескольких величин в одной ячейке памяти и освоения измененной интерпретирующей системы /ИС-2И/, которая обеспечивает динамическое перераспределение оперативной памяти с запоминанием состояния программных модулей во вторичной памяти.

Создана система программного обеспечения для экспериментов Лаборатории ядерных проблем по поиску метастабильных элементарных частиц на ускорителе ИФВЭ.

Подготовлен совместно с Лабораторией высоких энергий аванпроект математического обеспечения установки "Фотон".

*В центральном вычислительном комплексе института введена в эксплуатацию новая мощная электронная вычислительная машина CDC - 6200. На снимке: дисплейный пульт машины.*



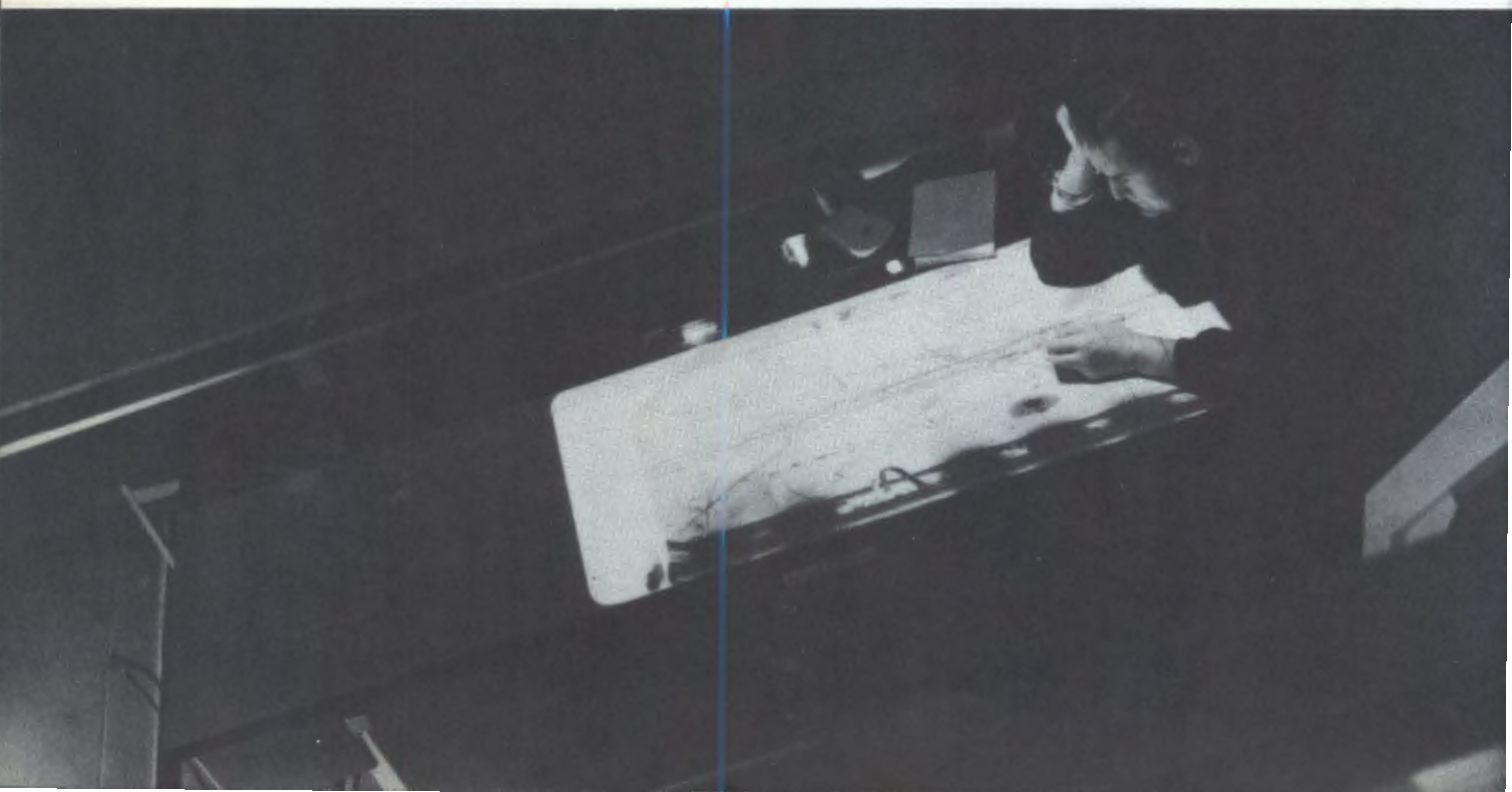
*Лаборатория вычислительной техники и автоматизации совместно с ЛВЭ приняла участие в создании стримерной камеры СКМ-200. В работах участвовали также ученые Института ядерных исследований в Лодзи /ПНР/. Камера установлена на пучке синхрофазотрона.*







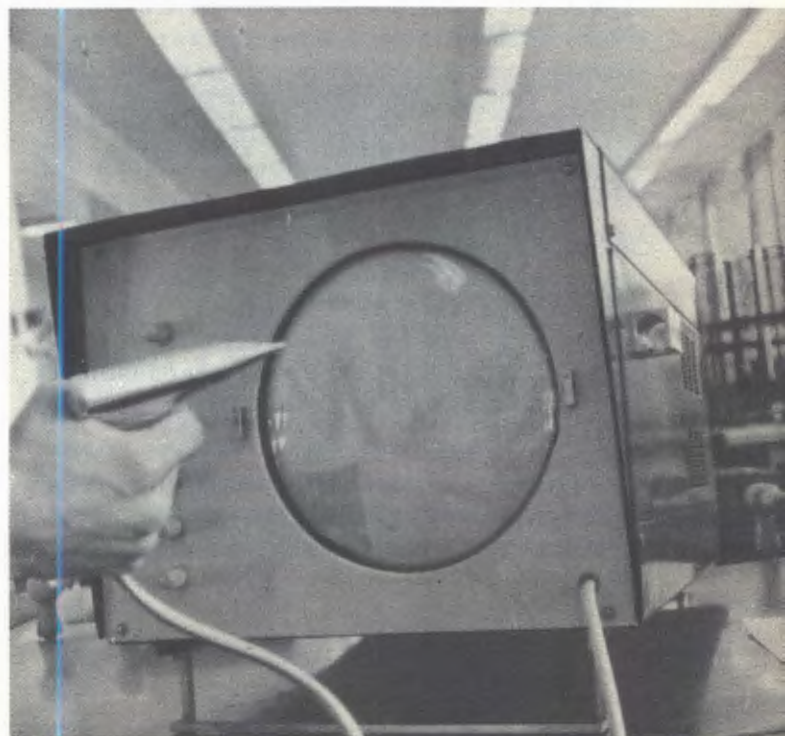
*Сданы в эксплуатацию два просмотрно-измерительных стола САМЕТ /чехословацкого производства/. На них ведется обработка снимков с 2-метровой пузырьковой пропановой камеры. Аппаратура отличается точностью и надежностью в работе.*





Ведутся работы по совершенствованию сканирующего автомата типа НРД - установки для скоростной автоматической обработки снимков с трековых камер на базе механического сканирующего устройства типа "бегущий луч". Автомат прошел опытную эксплуатацию. С его помощью измерены снимки  $dr$  - событий с 1-метровой жидководородной пузырьковой камеры.

Осциллограф со световым карандашом используется для обработки практически всей спектрометрической информации в ЛНФ и ЛЯП, а также для расчетов электрических и магнитных полей, электронно-оптических систем, элементов физических установок. Производство таких осциллографов налажено в центральных экспериментальных мастерских ОИЯИ.



Составлена программа КИНГ на ЭВМ типа БЭСМ-4 /М-220/ для вычисления кинематических и геометрических параметров событий, зарегистрированных установкой из бесфильмовых искровых камер. Программа обеспечивает также автоматическое распознавание событий. Завершена опытная эксплуатация программы КИНГ на материале, полученном с бесфильмового искрового спектрометра на ускорителе ИТЭФ. В программе предусмотрено, кроме получения ленты суммарных результатов, накопление и выдача гистограмм по 18 параметрам. Среднее время обработки одного события около 1,5 сек.

◇ Подготовлен вариант программного управления /через машину ТРА/ системой медленного вывода протонов из синхрофазотрона ОИЯИ. Составлено техническое задание на управление с помощью малой ЭВМ М-6000 кольцевым коллективным ускорителем ОНМУ.

◇ Продолжалось развитие системы программ приема и обработки спектральной информации ПОФИ на основе опыта эксплуатации этой системы в Лаборатории нейтронной физики и с учетом подсоединения нового дополнительного оборудования.

Велись подготовительные работы, связанные с созданием проектно-измерительно-вычислительного комплекса для реактора ИБР-2.

◇ В измерительном центре ЛЯР проведены /совместно с Лабораторией ядерных реакций/ работы по эффективному использованию ЭВМ "Минск-32". На этой машине в режиме совместимости запущены в эксплуатацию новая операционная система, а также ряд программ обработки спектров.

◇ Создан автоматический микрофотометр на линии с ЭВМ "Минск-2" для непрерывного фотометрирования бега-

спектрограмм /совместно с Лабораторией ядерных проблем/.

## Участие

### в физических исследованиях

◇ В исследовании протон-ядерных взаимодействий при энергии 4-10 Гэв проведены пробные экспозиции искровых камер на линии с БЭСМ-4 в пучке заряженных частиц синхрофазотрона ОИЯИ. Составлены и отлажены программы приема данных с искровых камер, а также программы обработки этих данных в реальном масштабе времени. Смонтирована аппаратура регистрации и передачи экспериментальной информации /АРПИ/ в ЭВМ. Производится отладка аппаратуры на линии с БЭСМ-4.

Совместно с НИИЯФ МГУ изготовлен опытный образец модуля пропорциональной камеры.

◇ Завершены изготовление и монтаж на стенде двухметровой стримерной камеры установки СКМ-200 совместно с Лабораторией высоких энергий и участием Института ядерных исследований в Лодзи /ПНР/. Проведены комплексные стендовые испытания и получено около 20 тыс. снимков следов космических частиц для различных режимов работы камеры. Закончен монтаж этой установки на пучке синхрофазотрона, и произведен запуск камеры.

◇ Выполнены просмотр и измерения /совместно с физиками Румынии/ треков четырехлучевых событий со странными частицами в двухметровой водородной пузырьковой камере /облучение отрицательными пионами с импульсом 16 Гэв/с/.

◇ Большой компиляционный обзор сечений рождения странных частиц во взаимодействиях отрицательных пионов с

протонами при различных начальных энергиях составлен совместно со специалистами Бухарестского университета /СРР/.

### Разработка методов прикладных вычислений

◇ Для расчета поворотных-фокусирующих систем транспортировки пучков заряженных частиц разработан новый эффективный метод, основанный на введении дополнительного параметра. Метод применен для расчета системы транспортировки протонов при быстром выводе пучка из синхрофазотрона ЛВЭ.

◇ Предложен метод расчета и выполнены вычисления уровней энергии мезомолекул.

◇ В расчетах формы кольца электронов для коллективного метода ускорения найдено выражение производной Гаусса соответствующего нелинейного оператора.

◇ Выполнены численные исследования эволюции спектров ленгмюровских волн в турбулентной плазме, а также взаимодействия лазерного излучения с плазмой. Проводится численное исследование поведения релятивистских пучков в плотной плазме с целью выяснения возможностей повышения эффективности различных ускорителей /в том числе и коллективного/. Изучались нелинейные задачи физики плазмы.

Проведен расчет ионно-звуковой турбулентности в плотной плазме, а также аномального нагрева плотной плазмы лазерным излучением.

◇ Составлена и отлажена программа, моделирующая прохождение гамма-квантов через кристаллы.

◇ Механизм захвата частиц из кольцевого пучка на радиусе 30 см и ускорения до конечного радиуса предельного

тока в синхроциклотроне изучался методами вычислительной математики с использованием ЭВМ. Получены результаты, представляющие практический интерес.

◇ Продолжались работы по созданию программ расчета высоковозбужденных состояний деформированных и сферических ядер /совместно с Лабораторией теоретической физики/.

◇ Велись исследования устойчивости разностных схем некоторых уравнений в частных производных.

### Автоматические системы обработки камерных снимков

◇ Завершена разработка оптико-механической части установки "Спиральный измеритель" /СИ/. Изготовлены и собраны оптико-механическая и электронная части головного образца СИ, и начата наладка прибора в комплексе с ЭВМ Э-100 и управляющей программой. Спроектирована, изготовлена и налажена линия связи ЭВМ Э-100 - станция ввода-вывода ЭВМ БЭСМ-6 / ТРА-1001/. Получен и подготавливается к испытаниям опытный образец изготавливаемой промышленностью СССР электронной части прибора. Проведены работы по составлению комплекса программ математического обеспечения СИ. В конце 1972 года проведено первое сканирование реальных снимков с пузырьковой камеры.

◇ Продолжалось усовершенствование сканирующего автомата типа НРД, находящегося в опытной эксплуатации. Обработаны с помощью полной цепи аппаратуры и математических программ снимки 2400 событий с однометровой водородной камеры ЛВЭ. Предложен проект модернизации электронной части автомата с включением управляющей ЭВМ ТРА -

протонами при различных начальных энергиях составлен совместно со специалистами Бухарестского университета /СРР/.

### Разработка методов прикладных вычислений

◇ Для расчета поворотных-фокусирующих систем транспортировки пучков заряженных частиц разработан новый эффективный метод, основанный на введении дополнительного параметра. Метод применен для расчета системы транспортировки протонов при быстром выводе пучка из синхрофазотрона ЛВЭ.

◇ Предложен метод расчета и выполнены вычисления уровней энергии мезомолекул.

◇ В расчетах формы кольца электронов для коллективного метода ускорения найдено выражение производной Гаусса соответствующего нелинейного оператора.

◇ Выполнены численные исследования эволюции спектров ленгмюровских волн в турбулентной плазме, а также взаимодействия лазерного излучения с плазмой. Проводится численное исследование поведения релятивистских пучков в плотной плазме с целью выяснения возможностей повышения эффективности различных ускорителей /в том числе и коллективного/. Изучались нелинейные задачи физики плазмы.

Проведен расчет ионно-звуковой турбулентности в плотной плазме, а также аномального нагрева плотной плазмы лазерным излучением.

◇ Составлена и отлажена программа, моделирующая прохождение гамма-квантов через кристаллы.

◇ Механизм захвата частиц из кольцевого пучка на радиусе 30 см и ускорения до конечного радиуса предельного

тока в синхроциклотроне изучался методами вычислительной математики с использованием ЭВМ. Получены результаты, представляющие практический интерес.

◇ Продолжались работы по созданию программ расчета высоковозбужденных состояний деформированных и сферических ядер /совместно с Лабораторией теоретической физики/.

◇ Велись исследования устойчивости разностных схем некоторых уравнений в частных производных.

### Автоматические системы обработки камерных снимков

◇ Завершена разработка оптико-механической части установки "Спиральный измеритель" /СИ/. Изготовлены и собраны оптико-механическая и электронная части головного образца СИ, и начата наладка прибора в комплексе с ЭВМ Э-100 и управляющей программой. Спроектирована, изготовлена и налажена линия связи ЭВМ Э-100 - станция ввода-вывода ЭВМ БЭСМ-6 / ТРА-1001/. Получен и подготавливается к испытаниям опытный образец изготавливаемой промышленностью СССР электронной части прибора. Проведены работы по составлению комплекса программ математического обеспечения СИ. В конце 1972 года проведено первое сканирование реальных снимков с пузырьковой камеры.

◇ Продолжалось усовершенствование сканирующего автомата типа НРД, находящегося в опытной эксплуатации. Обработаны с помощью полной цепи аппаратуры и математических программ снимки 2400 событий с однометровой водородной камеры ЛВЭ. Предложен проект модернизации электронной части автомата с включением управляющей ЭВМ ТРА -

1001. Реализация проекта позволит существенно увеличить надежность прибора и улучшить его эксплуатационные характеристики. Продолжались работы по созданию комплекса тестовых программ *HPD* и моделирование программ управления автоматом для ЭВМ *ТРА-1001*.

◇ *Сданы в эксплуатацию* два просмотрных стола БПС-1 и два просмотрно-измерительных стола САМЕТ /чехословацкого производства/.

Налажены и переданы в эксплуатацию в режиме измерения масок четыре просмотрно-измерительных стола БПС-2 на линии с ЭВМ *ТРА-1001*. Ведется опытная обработка снимков со стримерной камеры высокого давления /ЛЯП/ на модернизированном образце стола БПС-2.

◇ *Разработана, изготовлена и прошла испытания* в ИФВЭ СССР электронная часть "блока данных" для двухметровой водородной камеры ОИЯИ "Людмила".

◇ *Завершена разработка* /совместно с рядом институтов СССР/ и передана в ЦЭМ ОИЯИ конструкторская документация для изготовления макетного образца универсального просмотрно-измерительного стола БПС-3У, предназначенного для обработки снимков с различных трековых камер.

◇ *Развивались алгоритмические методы* написания программ управления полуавтоматическими измерительными устройствами. Завершено создание блока экономии памяти транслятора с языка КОПЛАН на язык *ТРА-1001*. Кроме того, написан вариант транслятора с языка КОПЛАН для ЭВМ *PDP-9* /эта работа проводилась совместно с Ереванским физическим институтом/.

◇ *Запущены в эксплуатацию* сканирующий автомат АЭЛТ-1 на электронно-лучевой трубке и его математическое обеспечение. Сейчас в состав математического обеспечения этого автомата входит около 60 различных программ. Про-

ведена комплексная отладка математического обеспечения путем сканирования снимков с искровой камеры Лаборатории ядерных проблем и сравнения полученных данных с результатами обмера тех же снимков на ПУОСах. Показано, что на поиск и обработку одного полезного сообщения затрачивается 1 минута. В настоящее время вносятся усовершенствования в программы и аппаратуру. Создан оптический вывод обрабатываемого на автомате снимка.

### Методы визуального представления информации на ЭВМ

Закончена разработка графического дисплея на запоминающей электронно-лучевой трубке ТЕКТРОНИКС. Начались работы по подключению дисплея к ЭВМ "Параметр" и программному обеспечению.

Подготовлена техническая документация и изготовлен образец точечного дисплея для малых ЭВМ "Параметр" /ОСК-2/. Документация передана в ЦЭМ ОИЯИ. Составлен минимальный комплекс дисплейных подпрограмм для ОСК-2.

Создан комплекс дисплейных подпрограмм общего назначения /административные подпрограммы, подпрограммы-генераторы, подпрограммы для работы со световым карандашом/, и начата их отладка на ЭВМ "Параметр" для графического дисплея и дисплейной станции.

Разработан ряд стандартных подпрограмм, расширяющих возможности существующей библиотеки дисплейных подпрограмм на ЭВМ *CDC-1604A*. Завершено создание методики и соответствующих подпрограмм, обеспечивающих использование дисплея в задаче расчета ионно-оптической системы по теории вто-

рого порядка и в задаче обработки снимков с пузырьковых камер/“спасение” событий на входе в программу ТРЭШ/.

К машине БЭСМ-4-II подключен осциллограф со световым карандашом, используемый при работе с автоматом на электроннолучевой трубке.

### Просмотр и измерение снимков с трековых камер

На системе ПУОСов ЛВТА измерено около 370 тыс. треков. Измерения и просмотр проводятся для 12 физических групп ОИЯИ.

## Отдел НОВЫХ методов ускорения

Наиболее существенными результатами работы Отдела новых методов ускорения являются:

- разработка нового варианта камеры адгезатора для формирования плотных электронных колец;
- проведение монтажа и наладки систем ускорителя СИЛУНД;
- получение на ускорителе СИЛУНД ускоренного электронного пучка с током около 600 а и длительностью импульса порядка 40 нсек;
- формирование градиентного магнитного поля в ускорительной секции;
- получение устойчивой работы четырех теплых резонаторов с параметрами около 90 кв/см при магнитном поле  $10^4$  гс;
- напыление ниобий-титановых покрытий на два рабочих резонатора кольцевого трона и проведение их криогенных испытаний;
- создание стабилизированных источников питания сверхпроводящих соленоидов и резонаторов;
- завершение работ по диагностике ЛИУ-3000, по системам для измерения прямого пучка СИЛУНДа и первого оборота пучка в адгезаторе-2.

### Модель коллективного ускорителя

После успешного ускорения коллективным методом  $\alpha$ -частиц начались работы по формированию магнитного поля, которое позволило бы вывести электронное кольцо за стенку адгезатора и ввести его в зазор высокочастотного резонатора. Для этого требовалось: а/ поднять величину конечного магнитного поля в адгезаторе до значений, превышающих 10 кгс, б/ создать магнитную систему переходного участка и ускоряющей сек-



ции, в/ провести стыковку магнитных полей адгезатора и переходного участка так, чтобы возмущение магнитного поля при проходе стенки не превышало предельно допустимого. Решению этих задач и были посвящены работы этого года.

◇ В первых экспериментах по сжатию кольца в адгезаторе использовалась двухступенчатая система формирования магнитного поля. С целью увеличения напряженности магнитного поля была введена дополнительная, третья, ступень в систему питания витков при неизменном их числе. Была предложена надежная конструкция крепления витков при номинальных токах. Проведены работы по выбору оптимальной зависимости показателя спада поля от времени путем вариации взаимного расположения витков и времени включения. Задача формирования плавного перехода от магнитного поля адгезатора к магнитному полю переходного участка была решена введением широкого витка специальной формы в районе стенки.

Проведены эксперименты по сжатию электронного кольца, которые подтвердили работоспособность такой системы сжатия. Вместе с тем выявились недостатки выбранной системы, которые приводят к уменьшению коэффициента захвата частиц в режим сжатия из-за искажения поля вблизи инжектора, а также - на радиусе 20 см - из-за резонансных значений показателя спада вблизи стапелей. Для ликвидации недостатков в магнитной системе разработан импульсный электрический инжектор, который мало искажает магнитное поле адгезатора. Это позволило ликвидировать потери частиц при захвате. Создана система, уменьшающая искажения поля на радиусе 20 см и обеспечивающая значения показателя поля, далекие от резонансных.

◇ Ускоряющая секция модели состоит из четырех теплых резонаторов, где получены устойчивые амплитуды ускоряю-

щего поля около 90 кв/см при наличии магнитного поля 10 кгс. Проведенные эксперименты показали, что внешнее магнитное поле способствует прохождению резонансного разряда и сокращает время тренировки резонатора. Увеличение внешнего магнитного поля до величины  $10^4$  гс не вызывает заметного уменьшения амплитуды высокочастотного поля.

Для получения более эффективного ускорения в модели используется принцип "смешанного" ускорения, в котором магнитное поле имеет вдоль оси положительный градиент на участке ускоряющего промежутка и отрицательный - на участке дрейфа. Для этого было сформировано градиентное магнитное поле с амплитудой модуляции около 600 гс на уровне  $10^4$  гс. Поле необходимой конфигурации создается суперпозицией полей двух систем: системы основного, однородного по длине поля и градиентной системы, которая представляет собой три катушки. Расположение катушек и система их питания таковы, что имеется возможность регулировки как амплитуды модуляции поля, так и формы поля в зазоре резонатора. Измерения показали, что неоднородность поля ведущего соленоида не превышает  $\pm 0,2\%$ , форма распределения градиентного поля отличается от заданной не более чем на  $\pm 10\%$ .

◇ Для целей диагностики заряженного кольца в модели коллективного ускорителя были созданы специальные системы применительно к линейному индукционному ускорителю /ЛИУ/, адгезатору и ускоряющей секции. Сдана в эксплуатацию система диагностики ЛИУ-3000, которая позволяет контролировать ток ускорителя в четырех местах электропровода с помощью поясов Роговского, размеры пучка и положение его в измерительной коробке с помощью вторично-эмиссионных мониторов. Создана и опробована аппаратура для изучения режима

“захвата” и первого оборота частиц кольца /пояс Роговского, ламели,  $\gamma$ -счетчик/. Изготовлен и используется в работе  $\gamma$ -счетчик для измерения потерь электронов во время сжатия кольца.

Подготовлена аппаратура для магнитных измерений: холловский магнитометр для измерения переменного-импульсных магнитных полей в адгезаторе, холловский двухканальный магнитометр для определения величины постоянных “высоких” магнитных полей и их градиентов, изготовлен измерительный магнитный стенд.

### Ускоритель

#### многозарядных ионов

Для создания ускорителя многозарядных ионов, основанного на коллективном методе, требуются электронные кольца с числом частиц  $N_e \sim 10^{14}$  при малых размерах сечений /1-2 мм/ и большом радиусе кольца /  $R=4-5$  см/. Такие параметры необходимы для того, чтобы потери ионов при ускорении были незначительны и масса кольца не менялась. Для ионов с отношением заряда к атомному номеру около 1/20 можно, при реальных ускорениях кольца, получить энергию 20 Мэв/нуклон на длине около 1 м. Число ускоряемых ионов в импульсе может достигать величины  $N_i \sim 10^{11}$ . Эти параметры были выбраны на основе изучения вопросов устойчивости электронно-ионного кольца. Для подавления опасной радиационной неустойчивости предусмотрена специальная конструкция камеры. Теоретические исследования показали, что основные трудности в формировании колец, связанные с их устойчивостью, могут быть преодолены. Это стимулировало работу над созданием элементов ускорителя многозарядных ионов. В настоящее время выполнена необходи-

мая проработка всех узлов ускорителя, и начата наладка ускорителя в целом.

### СИЛУНД

Проведены полный механический и электрический монтаж и наладка систем ускорителя СИЛУНД, закончен монтаж источника электронов на основе холодного катода с газовой фокусировкой и системы его питания. В конце апреля на выходе ускорителя получен ускоренный электронный пучок с током более 600 а, длительностью импульса около 40 нс/сек частотой повторения 5 гц.

Осуществлена проверка действия импульсной системы ускорения без нагрузки при 40-киловольтном зарядном напряжении, увеличен диапазон регулировки в блоках задержек цепей запуска тиратронов модуляторов, проведены работы по повышению стабильности импульсной системы и настройке формы ускоряющего импульса напряжения, увеличению амплитуды ускоренного тока электронов.

Модернизирована, изготовлена и отлажена система синхронизации. Разработана и испытана двухвариантная система импульсного размагничивания индукторов. Создан новый генератор питания источника электронов.

Для ввода электронного пучка в адгезатор сконструирован вариант инфлектора. Продолжаются расчеты и моделирование других вариантов этой системы.

На стендовой установке проведены исследования, связанные с разработкой отдельных узлов ускорителя: автоэмиссионного игольчатого катода и генератора ускоряющего напряжения. Были собраны и запущены высоковольтный генератор наносекундных импульсов и электронная пушка с холодным катодом. Разработаны индукторы на ферритовых кольцах и различные варианты обостряющих линий. Эти исследования предприняты с целью повы-

снить надежность работы ускорителя и увеличить частоту посылок.

Теоретически рассмотрены проблемы создания инфлектора /динамический, статический, импульсный, открытый, закрытый инфлекторы/, вопросы взаимодействия кольца и прямого пучка в области инфлектора с учетом собственных полей, движения сильнооточного пучка в ускорителе в приближении к параксиальной теории и др.

### Адгезатор

Для ускорителя многозарядных ионов разработан вариант металлической камеры, стенки которой достаточно близки к электронному пучку. Это дает возможность получить устойчивые плотные электронные кольца, в которых эффективная напряженность поля, действующего на ион, может достигать десятков миллионов вольт на сантиметр. Токонесущие обмотки, формирующие магнитное поле в объеме камеры, размещены снаружи - это существенно облегчает задачу создания системы питания, работающей с повышенной частотой посылок. Малый объем камеры и отсутствие сильногазующих поверхностей позволяют получить более высокий вакуум /около  $5 \cdot 10^{-9}$  тор/.

Рассмотрено несколько вариантов камер, и найдено решение для армированной камеры, в которой удалось совместить противоречивые требования к толщине материала стенки камеры: достаточная механическая прочность при сравнительно невысоком уровне потерь на стенке, вызванных импульсным характером внешнего поля. В настоящее время закончена серия измерений на армированной камере, и камера подготовлена к приему пучка. Магнитные измерения постоянного поля /точность измерений  $\pm 0,1\%$ / показали, что согласие экспериментальных кривых с расчетными не хуже  $0,5\%$ . Наблюдались

незначительные  $\pm 0,5\%$  азимутальные неоднородности магнитного поля, что обусловлено несовершенством изготовления магнитообразующих обмоток.

Предложен вариант камеры со сферическими стенками из сплава вольфрама и титана или стали без армирования пластиком. Проведена серия магнитных измерений формы поля в камерах с различной толщиной стенок и из различных материалов. На основе этих измерений даны рекомендации о длительности времени компрессии кольца в титановой камере. Конструкторское бюро отдела спроектировало тонкостенную стальную камеру, стенки которой приварены к кольцевому бандажу. Модель камеры изготовлена в мастерских отдела и испытана на вакуум  $5 \cdot 10^{-6}$  тор. На этой камере проведена серия экспериментов по определению тепловых потерь и ослаблению импульсного магнитного поля стенками камеры.

Создана система для откачки камер до высокого вакуума. Сделан стенд для испытания в рабочем режиме комплекса устройств импульсного источника нейтрального газа.

Разработан проект плазменной пушки для ксенона. Начато конструирование системы устройств для разделения ионной и нейтральной компонент плазменной пушки.

Отдельные элементы и узлы адгезатора со сферическими стенками в настоящее время находятся в стадии наладки. В выбранном варианте адгезатора предусматривается ускорение в "спадающем" магнитном поле. Проведены работы по конструированию сверхпроводящих элементов для создания требуемого магнитного поля.

### Системы ускорения кольцевого сгустка

Для ускорения кольцевого сгустка разработаны ускоряющие секции из сверх-

проводящих резонаторов и импульсных линий. Сравнительные их характеристики дадут возможность сделать выбор ускоряющей системы коллективного ускорителя на высокие энергии.

◇ *Завершено изготовление оборудования сверхпроводящей секции, состоящей из четырех резонаторов, и начат монтаж оборудования в испытательном павильоне. Полностью завершена сборка азотной системы, и проведена азотная заливка. Заканчивается отладка источников питания сверхпроводящих резонаторов и высокочастотного генератора. Продолжаются работы по исследованию сверхпроводящих покрытий в магнитном поле. Ниобий-титановое покрытие нанесено на два рабочих резонатора кольцетрона.*

Проведенные работы позволили приступить к гелиевой заливке кольцетрона. В настоящее время гелиевая заливка завершена, и кольцетрон сдан под физические исследования.

В дальнейшем предполагается управлять кольцетроном с помощью ЭВМ. В этом направлении в отделе ведутся интенсивные разработки.

◇ *Велись разработки системы импульсных линий. В настоящее время известны способы формирования наносекундных импульсов напряжения с помощью линий с распределенными параметрами. Распространение этих методов на радиальные линии открывает возможность создания ускоряющих систем, экономически выгодных для коллективного метода. Исследования показали, что возникающая здесь проблема коммутирующих элементов может быть успешно решена, т.к. требуемая для ускорителя длительность импульса напряжения много меньше допускаемой тиратроном, что позволяет увеличить мощность импульса.*

В настоящее время рассмотрено несколько вариантов формирующих линий, позволяющих увеличивать мгновенную

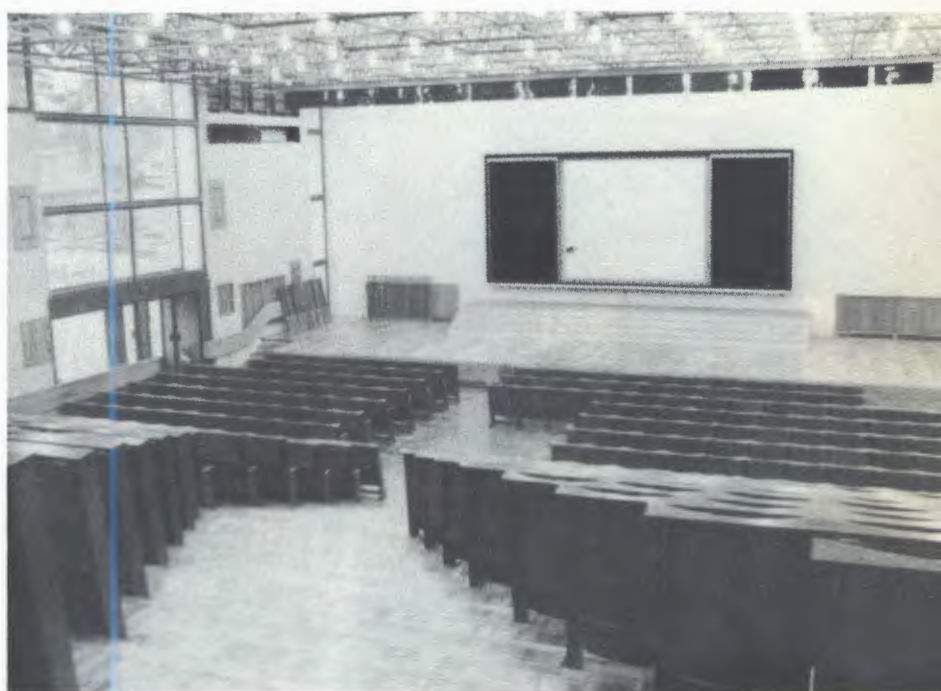
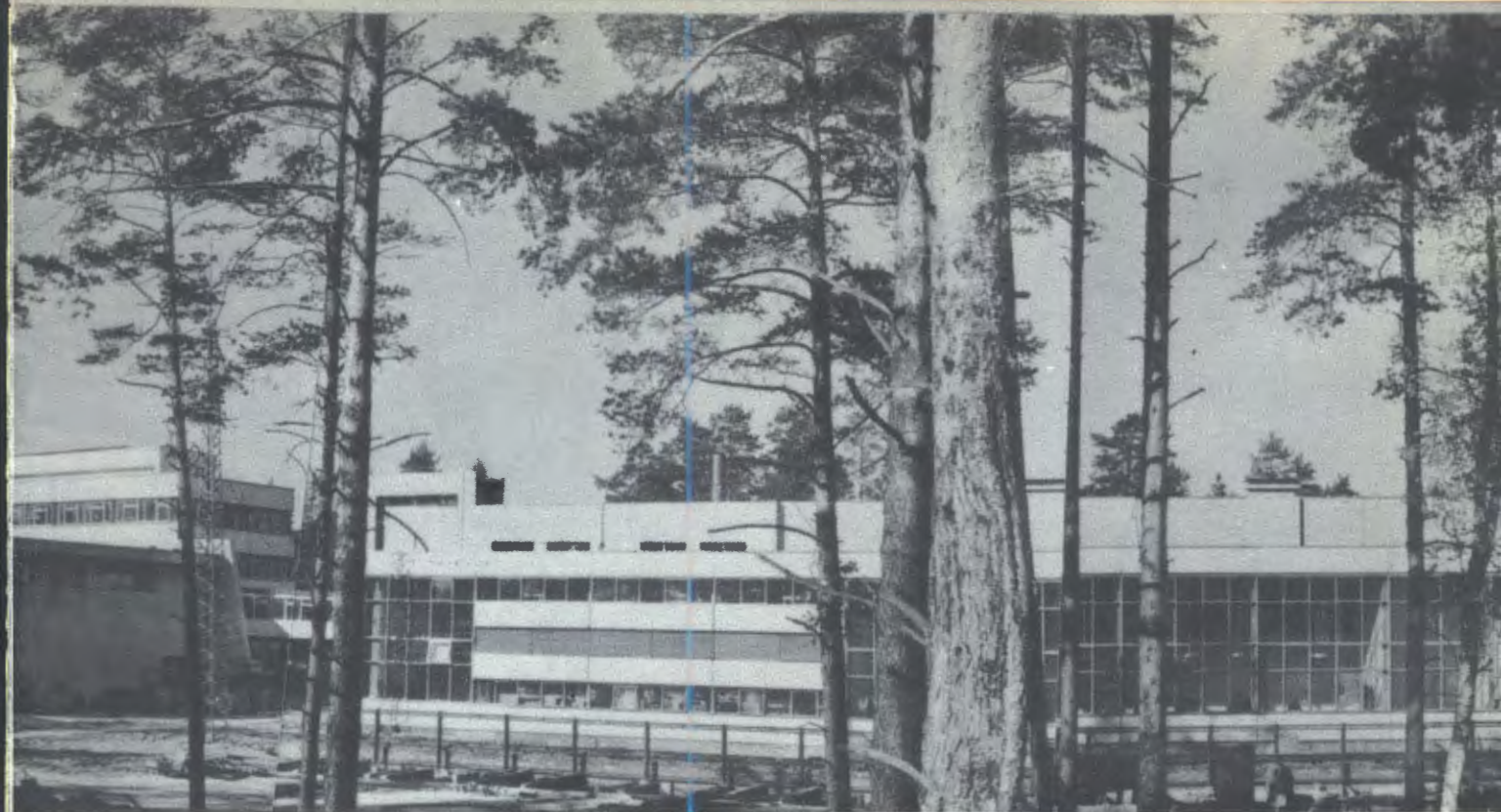
мощность. Эти линии прошли сейчас стендовые испытания, что дало возможность приступить к изготовлению ускоряющей секции на энергию 1 Гэв.

### Теоретические исследования

Теоретически изучались физические процессы в коллективном методе ускорения - устойчивость кольца, радиационные потери и др., - рассматривались вопросы, связанные со строительством ускорителя тяжелых ионов, велись исследования допусков на магнитное поле и потери энергии сгустками на излучение применительно к ускорителю на высокие энергии.

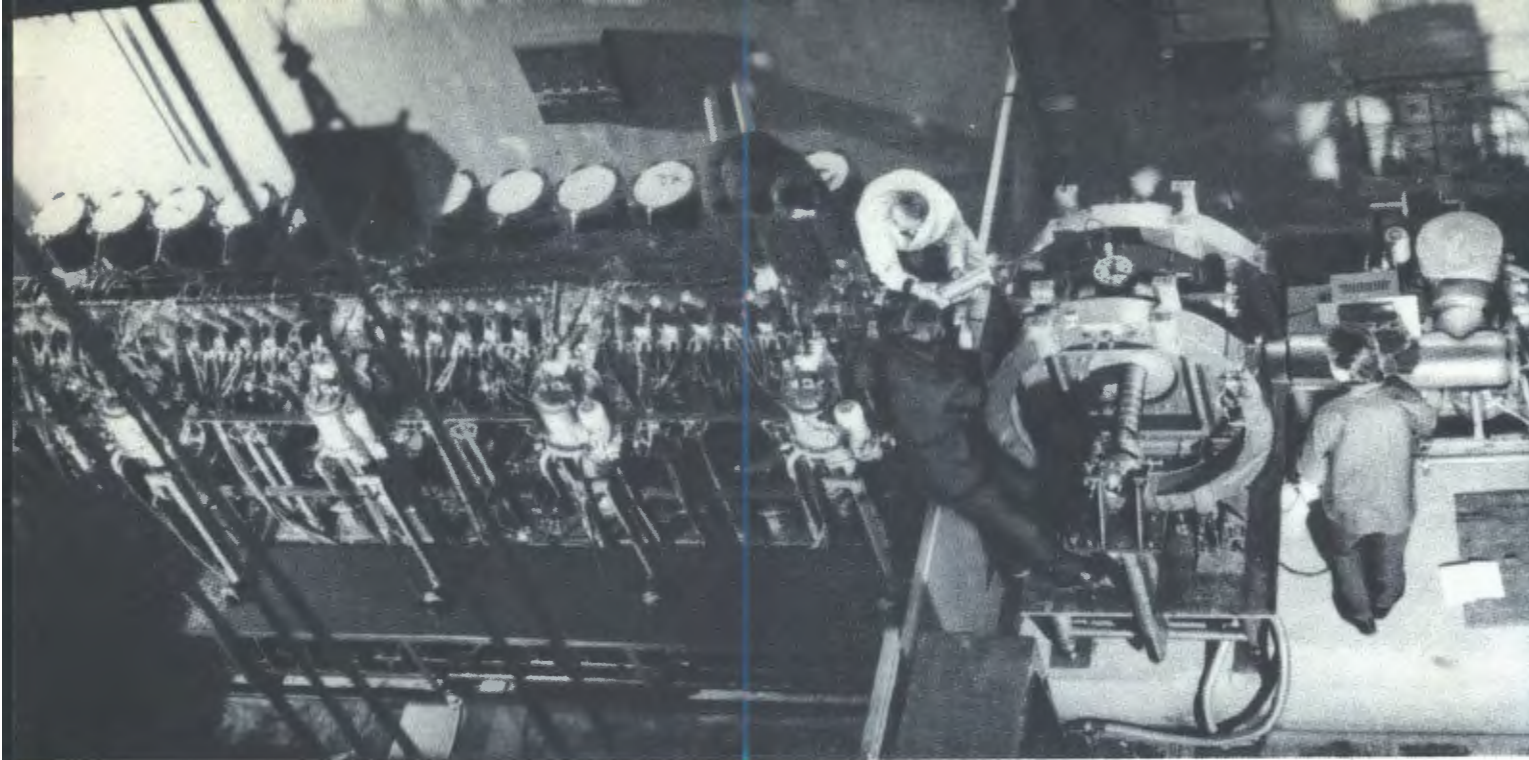
Проводились исследования двух типов наиболее опасных неустойчивостей колец: когерентных неустойчивостей электронного кольца и дипольной неустойчивости /типа "змейки"/, возникающей в электрон-ионных кольцах. При рассмотрении когерентных неустойчивостей выяснилась стабилизирующая роль расположенных вблизи кольца металлических экранов для длинноволновых возмущений. В связи с этим выданы рекомендации по конструированию камеры адгезатора для ускорителя тяжелых ионов. Анализ развития дипольной неустойчивости в слабом нелинейном режиме указал на существование стационарных нелинейных волн типа "змейки", а также на осуществимость нелинейной стабилизации. Это свидетельствует о возможности создания коллективного ускорителя с параметрами, лежащими вне области линейной устойчивости.

Продолжаются исследования эффектов, связанных с излучением кольца при ускорении. В частности, рассмотрено влияние неравномерной составляющей электромагнитного поля излучения на ионную компоненту кольца, выполнен расчет полей, возбуждаемых кольцом в системе коаксиальных резонаторов.

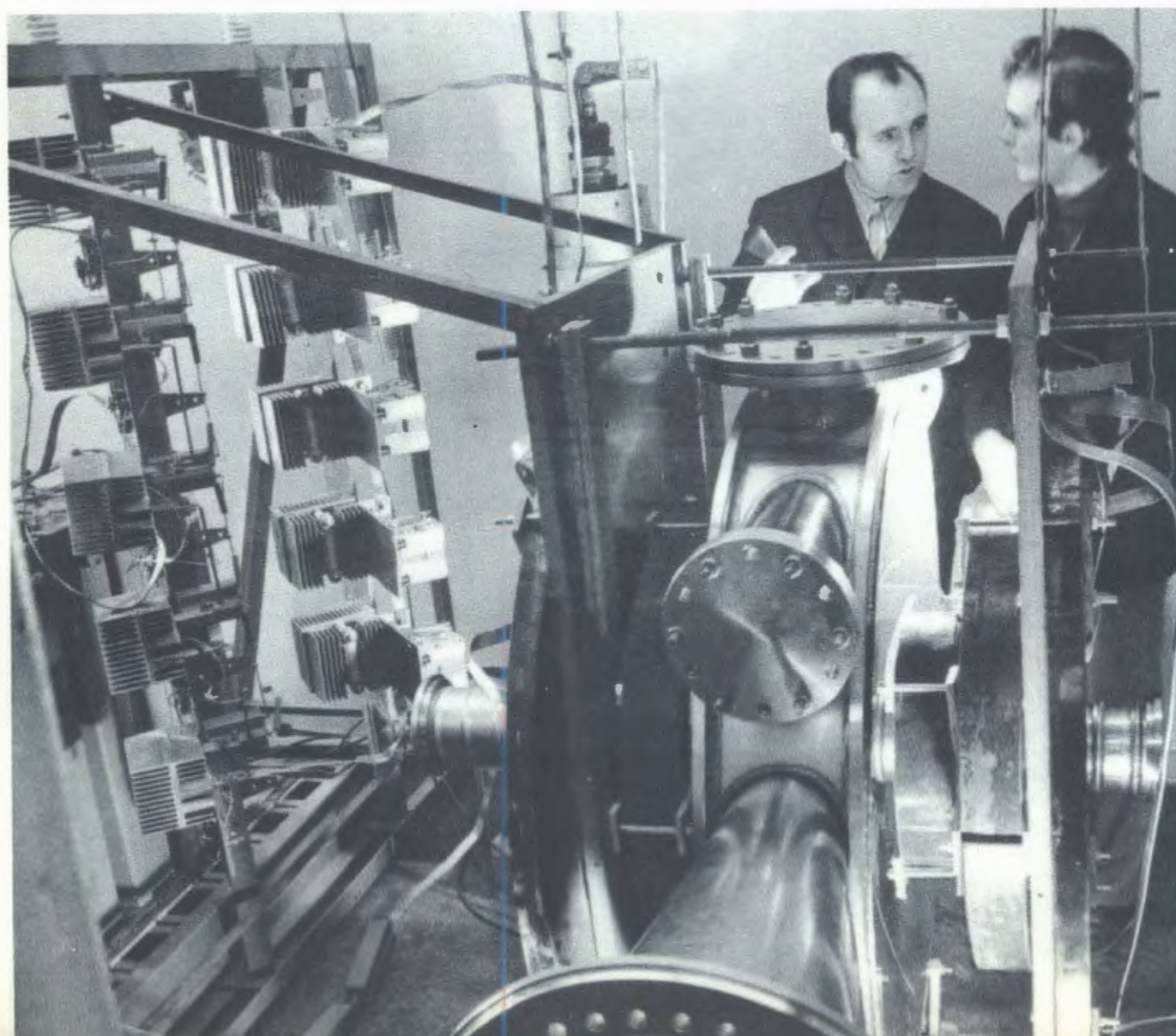


*Закончено строительство  
комплекса зданий Отдела новых  
методов ускорения.*





▲  
Ускоритель тяжелых ионов в стендовом корпусе ОНМУ. На снимке: слева - секции ускорителя СИЛУНД, справа - армированная камера адгезатора с обмотками постоянного тока и вакуумной системой.

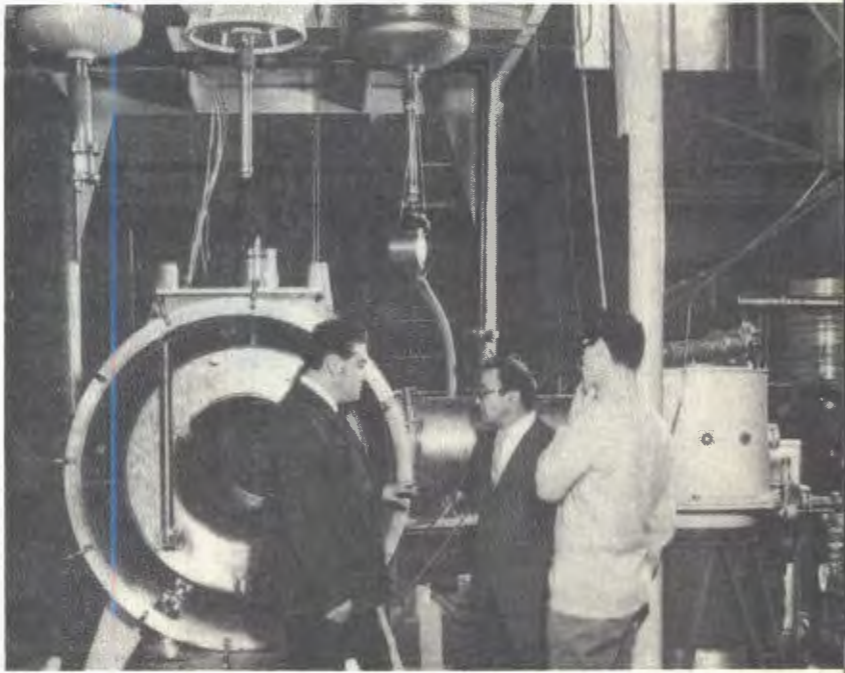




*Сборка и испытания узлов криогенной высокочастотной ускорительной секции - кольцепрона, - предназначенной для отработки систем ускорителя на высокие энергии. Успешно проведена гелиевая заливка кольцепрона. В опытах используется многоцелевой гелиевый оживитель - рефрижератор, созданный в ОИЯИ.*

◀ *Вариант камеры адгезатора из нержавеющей стали для ускорителя тяжелых ионов.*

*Кольцепрон создается совместными усилиями Отдела новых методов ускорения, криогенного отдела Лаборатории высоких энергий и центральных экспериментальных мастерских.* ▶



При учете токовой экранировки кольца в камере выяснилось, что для существующего режима сжатия кольца в ускорителе тяжелых ионов необходимо учитывать неполные токовые отражения при формировании  $n$ -траектории. Анализировались эффекты экранирования магнитного поля металлической камерой адгезатора /токи Фуко, "подсадка" поля и т.д./.

Проведены расчеты прохождения одностичных и когерентных резонансов за счет неидеальности внешнего поля. Получены величины допусков на магнитное поле для ускорителя на высокие энергии.

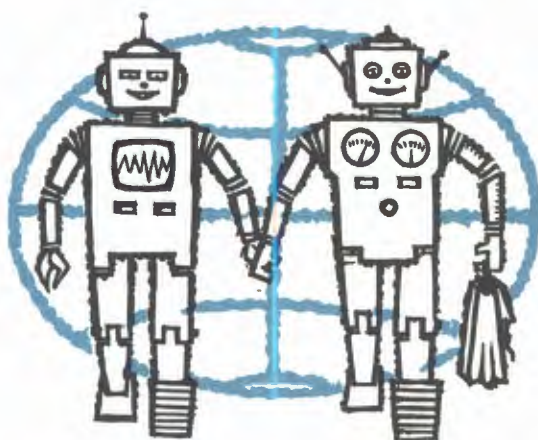
Рассмотрены возможные варианты коллективного ускорителя: с азимутальным магнитным полем, со сжатием коль-

ца в направлении движения в замедленной электромагнитной волне, со сжатием за счет ионов.

В результате теоретических исследований показано, что в рабочей области параметров электронно-ионное кольцо устойчиво; получены оценки точностей поддержания напряженности поля в системе резонаторов; оценены величины допусков на магнитное поле и потери энергии сгустками на излучение /применительно к ускорителю на высокие энергии/; рассмотрены способы компрессии электронного кольца в волноводе и за счет ионов; даны рекомендации по выбору  $n$ -траектории и некоторых параметров адгезатора.



Руководящие  
и консультативные  
органы  
Международные  
связи



## Деятельность руководящих и консультативных органов

4-7 января 1972 года состоялась XXXI сессия Ученого совета Объединенного института ядерных исследований. Совет заслушал отчеты о выполнении решений XXIX и XXX своих сессий о научно-исследовательской деятельности лабораторий в 1971 году, о решениях ученых советов по теоретической физике и по физике высоких и низких энергий, а также утвердил проблемно-тематические планы научно-исследовательских работ лабораторий на 1972 год.

На сессии был обсужден доклад о возможностях получения пучков тяжелых ионов с помощью метода коллективного ускорения.

Рассмотрен ход выполнения исследовательской программы на ускорителе 76 Гэв в Серпухове. Значительным достижением признан пуск двухметровой жидководородной камеры "Людмила".

Сессия одобрила доклад о международном сотрудничестве и связях ОИЯИ в 1971 году и планы такого сотрудничества на 1972 год.

Состоялись выборы на должности заместителей директоров лабораторий Объединенного института.

Комитет Полномочных Представителей на совещании 13-14 января 1972 года одобрил деятельность института по выполнению научно-исследовательской программы 1971 года, решения Ученого совета по научным исследованиям в лабораториях института и по совместным работам ОИЯИ с физическими центрами стран-участниц, решения XXXI сессии Ученого совета по международному сотрудничеству ОИЯИ, планы сотрудничества с лабораториями и институтами стран-участниц на 1972 год и программу проведения научных совещаний.

КПП утвердил план научных исследований на 1972 год и определил главные задачи института на это время.

Комитет Полномочных Представителей утвердил отчет об исполнении бюджета института за 1970 год, заслушал отчет дирекции об ожидаемом исполнении бюджета за 1971 год, утвердил бюджет, штатную численность и план капитального строительства на 1972 год.

*XXXII сессия Ученого совета* /30 мая - 1 июня/ рассмотрела проекты проблемно-тематических планов лабораторий на 1973 год и решения ученых советов по теоретической физике и физике высоких и низких энергий.

Сессия признала целесообразными мероприятия, проводимые дирекцией института по совершенствованию системы тематического планирования в ОИЯИ.

Одобрено предложение дирекции об образовании фонда премирования за счет общих ассигнований по бюджету института для стимулирования исследований по новой технике физического эксперимента.

Совет предложил дирекции института включать в программы майских сессий Ученого совета обзорные доклады об основных научно-технических направлениях в области физики элементарных частиц и в области физики ядра.

Утверждены "Положение о специализированных комитетах ОИЯИ" и "Положение о секциях Ученого совета ОИЯИ".

Одобрены рекомендации совещания представителей стран-участниц о совершенствовании организационной структуры секций Ученого совета ОИЯИ и специализированных комитетов. При этом сохраняются существующие секции Ученого совета по теоретической физике, физике высоких энергий и физике низких энергий, а также три специализированных комитета: Камерный, Фотоэмульсионный, Комитет по электронным экспериментам. Ученый совет предложил дирекции института рассмотреть вопрос о преобразовании Комитета по ядерной физике в два

комитета: Комитет по многозарядным ионам и Комитет по спектроскопии.

Сессия Ученого совета рассмотрела проекты планов сотрудничества лабораторий ОИЯИ с научно-исследовательскими организациями стран-участниц, а также план проведения научных совещаний ОИЯИ на 1973 год и внесла предложение о дальнейшем развитии научного сотрудничества в области физики высоких энергий с институтами Финляндии.

Участники сессии заслушали информацию академика К.Ланиуса, кандидата физико-математических наук Ш.Деме, доктора физико-математических наук Н.Кроо и академика А.Кони о деятельности ИФВЭ ГАН, ИЯИ и ЦИФИ ВАН, физических лабораторий университетов ВНР, отметив плодотворность научных связей ОИЯИ с указанными центрами.

*Ученый совет по физике высоких энергий* в 1972 году заседал дважды. На XIV сессии /25-28 апреля/ рассматривались тематические планы ЛВЭ, ЛЯП, ЛВТА и ОНМУ на 1973 год. Обсуждались вопросы сотрудничества с ИФВЭ и ход экспериментов на серпуховском ускорителе. Сделаны доклады:

- о плане модернизации и использования синхрофазотрона;
- о плане работ на пузырьковых камерах ЛВЭ;
- о планах работ на электронных установках и о создании новых установок;
- о современном состоянии теории коллективного метода ускорения, о коллективном ускорителе на сверхвысокие энергии, о коллективном ускорителе многозарядных ионов;
- об основных направлениях плана научных исследований ЛЯП и ЛВТА.

В программу заседаний были включены ряд научных сообщений и отчеты о работе комитетов. Избран новый состав рабочих органов комитетов.

На XV сессии /21-24 ноября/ члены Ученого совета ознакомились с ходом выполнения основных работ тематического плана в ОНМУ, ЛВЭ, ЛЯП и ЛВТА. Обсуждался план международного сотрудничества ОИЯИ на 1973 год, сделаны сообщения о работе комитетов, о совместной деятельности ОИЯИ и ИФВЭ /Серпухов/.

Сессия одобрила доклады о перспективах развития камерной и электронной методики в ОИЯИ и странах-участницах, о перспективах и возможностях исследований в области физики элементарных частиц.

*Комитеты*, заседания которых прошли 18-20 апреля и 14-16 ноября, рассматривали вопросы, связанные с организацией сотрудничества ОИЯИ и стран-участниц в области камерной, фотоэмульсионной и электронной методик.

*Фотоэмульсионный комитет* занимался вопросами научного сотрудничества на базе обработки фотоэмульсионного материала, облученного на синхрофазотроне ОИЯИ и серпуховском ускорителе.

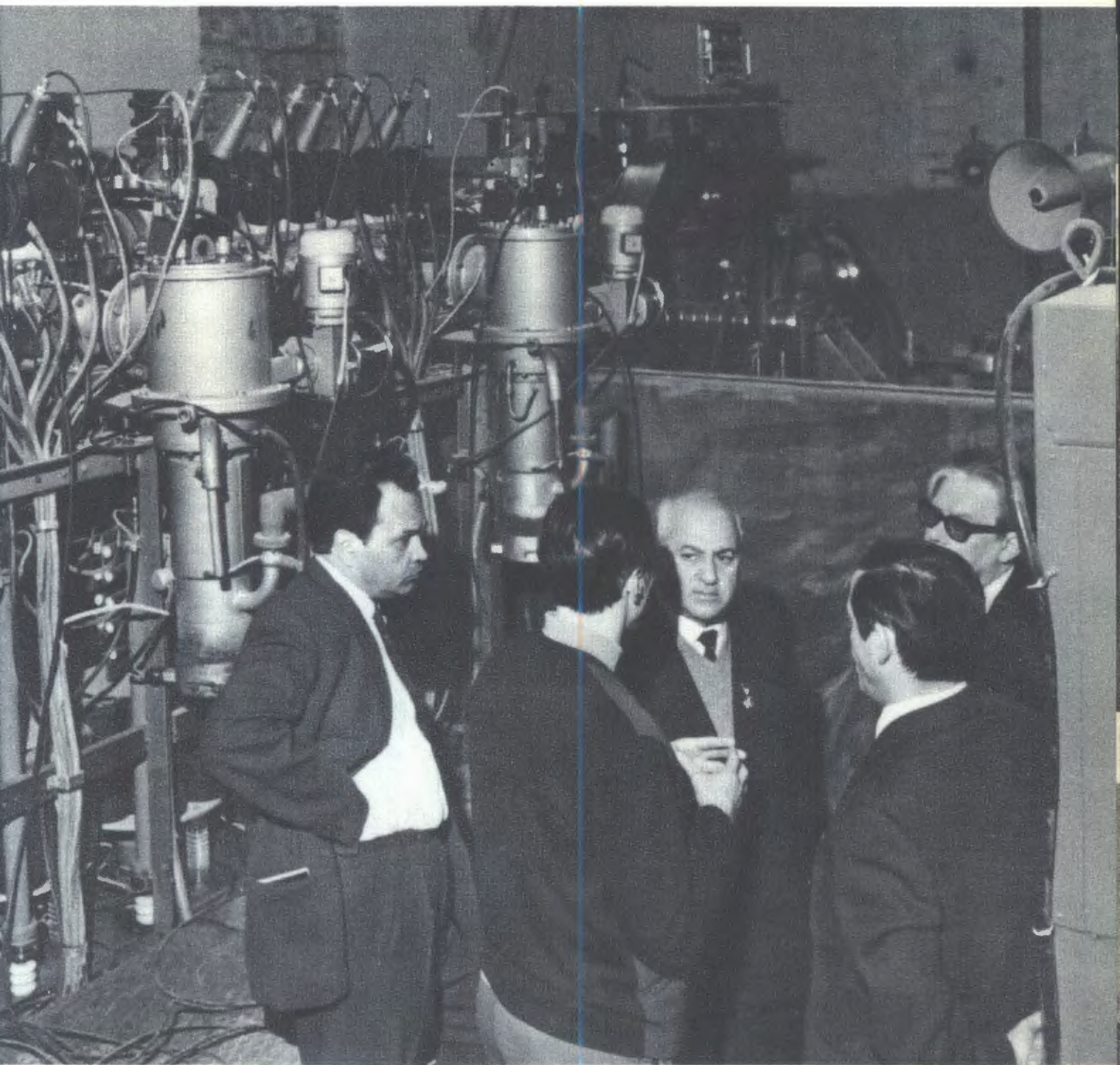
*Камерный комитет* рассмотрел предложения по программе физических исследований на двухметровой водородной камере "Людмила", установил очередность проведения камерных экспериментов. Решались вопросы организации эксплуатации комплекса "Людмила", создания нового корпуса с омега-сильфоном для этой камеры силами ИТЭФ и Лаборатории высоких энергий ОИЯИ. Были обсуждены проблемы сотрудничества в работах на

двухметровой пропановой пузырьковой камере /16 лабораторий/. Комитет рассмотрел также вопросы выделения времени ЭВМ для камерных работ, автоматизации обработки камерных снимков, программу научных исследований на МИС ОИЯИ. Комитет поддержал предложение физиков Финляндии об их участии в обработке снимков с "Людмилы". На 1973 год в качестве исследований первоочередной важности отмечены работы на установках "Людмила" и МИС Института физики высоких энергий.

*Электронный комитет* признал первоочередными задачами в 1972 году создание экспериментальных установок "Сатурн" и МИС. Комитет подчеркнул необходимость целевого выделения времени ЭВМ для обработки результатов электронных экспериментов, рекомендовал дирекции ОИЯИ способствовать скорейшему восстановлению бесфильмового искрового спектрометра в ИФВЭ для исследований с К-мезонами, одобрил проект создания спектрометра АРЕС и проект кристалл-дифракционного гамма-спектрометра /КДГС/.

На заседаниях 14-16 ноября были заслушаны отчеты лабораторий ОИЯИ о проводимых электронных экспериментах. Первоочередными задачами в 1973 году признаны работы по проекту РИСК, запуск установок "Фотон" и СКМ-200. Комитет обратился к дирекции ОИЯИ с просьбой увеличить финансирование проектов электронных экспериментов, выполняемых на ускорителях ОИЯИ, рассмотреть вопросы оснащения ЭВМ

*Полномочный Представитель Советского Союза в ОИЯИ А.М.Петросьянц посетил Отдел новых методов ускорения и ознакомился с проводимыми здесь исследованиями. На снимке: А.М.Петросьянц в экспериментальном павильоне ОНМУ, его сопровождают директор Института Н.Н.Боголюбов, ученый секретарь Ю.А.Щербаков, пояснения дает начальник отдела В.П.Саранцев.*



*Большая фотовыставка, отражающая деятельность Объединенного института в 1972 году, была продемонстрирована участникам XXXIII сессии Ученого совета и сессии Комитета Полномочных Представителей.*



Дубну посетил Председатель Госкомитета по науке, техническому прогрессу и высшему образованию Народной Республики Болгарии Н.Папазов. Он ознакомился с деятельностью Объединенного института, посетил его лаборатории. На снимке: встреча Н.Папазова с дирекцией ОИЯИ.



Министр науки и техники Германской Демократической Республики Г.Прай и заместитель министра К.Штубенраух во время приезда в Дубну осмотрели строительство комплекса ИБР-2. На снимке: директор Лаборатории нейтронной физики И.М.Франк, К.Штубенраух, Г.Прай, заместитель директора ЛНФ К.Хенниг.



ОИЯИ посетил посол Чехословацкой Социалистической Республики Я.Гавелка /на снимке - справа/.





*Объединенный институт и Институт экспериментальной физики ЧССР провели в Штрбске-Плесо II Международный симпозиум по физике высоких энергий и элементарных частиц.*





Ученые Объединенного института приняли участие в Советании по проблемам ускорения заряженных частиц, организованном в Москве Академией наук СССР.



Обсуждению с дирекцией ОИЯИ вопросов международного научного сотрудничества был посвящен визит в Дубну директора Института физики Туринского университета вице-президента Итальянского физического общества профессора С.Костаньоли / на снимке - справа/.



Известный американский ученый профессор Г.Сиборг посетил Лабораторию ядерных реакций. /Это уже не первый его приезд в Дубну/. На снимке: Г.Сиборг беседует с директором ЛЯРа Г.Н.Флеровым и сотрудником лаборатории Ю.Ц.Оганесяном.



Генеральный директор МАГАТЭ  
З.Эклунд в Отделе новых методов  
ускорения ОИЯИ.

В Дубне подписан Протокол о пе-  
реговорах относительно научно-  
технического сотрудничества меж-  
ду ОИЯИ и Национальным институ-  
том физики ядра и элементарных  
частиц Франции. На снимке слева  
направо: вице-директор ОИЯИ  
А. Михул, директор Национального  
института Ж.Тейяк, сотрудник  
ОИЯИ Е.М. Колесов, директор  
ОИЯИ Н.Н. Боголюбов, вице-дирек-  
тор ОИЯИ Н. Содном.



БЭСМ-6 и CDC -6200 внешним оборудованием и одобрил включение в планы работ лабораторий исследования по развитию методики бесфильмового телевизионного съема информации с искровых и стримерных камер.

В течение 1972 года состоялись XIV /16-19 мая/ и XV /21-24 ноября/ сессии Ученого совета по физике низких энергий ОИЯИ. На заседаниях Совета обсуждались отчеты о работе комитетов по ядерной физике и нейтронной физике.

На XIV сессии была детально рассмотрена научная тематика Отдела ядерной спектроскопии и радиохимии ЛЯП, заслушаны сообщения о ходе выполнения тематических планов других лабораторий ОИЯИ и обсуждены проекты тематических планов лабораторий в области физики низких энергий на 1973 год.

На сессии было сделано сообщение о результатах исследований по структуре ядра с помощью частиц высоких энергий на синхроциклотроне Лаборатории ядерных проблем, а также об экспериментальных исследованиях по ядерной физике в Физико-техническом институте АН УССР.

На XV сессии Ученого совета детально рассмотрена научная тематика ЛНФ и ход выполнения этой лабораторией тематического плана.

Ученому совету была представлена информация о программе работ на тандем-генераторах в ГДР и СРР.

На заседаниях советов состоялся отчет дирекции Лаборатории нейтронной физики о состоянии работ по ИБРу-2 и ИБРу-30, было заслушано также сообщение дирекции Лаборатории ядерных реакций о работах по синтезу сверхтяжелых элементов на пучке ионов ксенона.

Комитет по ядерной физике в 1972 году собирался дважды. В программе

заседаний были отчеты рабочих органов комитета о выполнении решений.

Обсуждались результаты экспериментов на пучках ионов ксенона и возможности создания ускорителей ионов до энергии 1 Гэв, а также предложения о новых работах по программе ЯСНАПП и др.

Комитет по нейтронной физике тоже провел два заседания, на которых были обсуждены проекты тематических планов и планов международного сотрудничества ЛНФ на 1975 год, сделано сообщение о ходе работ по сооружению ИБР-2, обсуждены предложения по новым экспериментам.

Заседание Финансового комитета состоялось 14-15 ноября. Комитет рассмотрел следующие вопросы: итоги работы Контрольной комиссии от 19 мая 1972 года, отчет дирекции института Финансовому комитету о выполнении указаний Контрольной комиссии; доклад дирекции об ожидаемом исполнении бюджета за 1972 год, о проектах бюджета, штатной численности и плана капитального строительства на 1973 год; о совершенствовании планирования затрат на научно-исследовательские работы по темам и другие.

По всем этим вопросам Финансовый комитет представил рекомендации Комитету Полномочных Представителей.

## Премии ОИЯИ за 1971 год

На соискание премий Объединенного института ядерных исследований за 1971 год были выдвинуты лучшие научно-исследовательские и научно-методические работы, выполненные сотрудниками института.

Решением Ученого совета ОИЯИ от 1 июня 1972 года присуждены следующие премии:

По научно-исследовательским  
работам

*Первая премия:*

“Изучение взаимодействий отрицательно заряженных мезонов с веществом и разработка методов мезохимических исследований”.

Авторы: С.С.Герштейн, В.Г.Зинов, А.Д.Конин, А.И.Мухин, В.И.Петрухин, Л.И.Пономарев, Ю.Д.Прокошкин, В.М.Суворов.

*Две вторые премии:*

1/ “Цикл работ по измерению действительной части амплитуды  $pp$ - и  $pd$ -ядерного рассеяния вперед в интервале энергий 8-70 Гэв”.

Авторы: В.Д.Бартенев, Г.Г.Безногих, А.Буяк, Н.К.Жидков, В.Й.Заячки, Л.С.Золин, В.А.Никитин, Ю.К.Пилипенко, В.А.Свиридов, М.Г.Шафранова.

2/ “Ядерная проблема трех тел с локальными потенциалами”.

Авторы: В.Б.Беляев, В.Н.Ефимов.

По научно-методическим  
работам

*Первая премия:*

“Исследование новых режимов работы стримерных камер, разработка гелиевых камер-мишеней и создание стримерного спектрометра высокого давления”.

Авторы: М.М.Кулюкин, В.И.Ляшенко, Д.Б.Понтекорво, В.М.Сороко, И.В.Фаломкин, Ю.А.Щербаков.

*Две вторые премии:*

1/ Создание комплекса водородных мишеней для физических исследований на ускорителях”.

Авторы: Ю.Т.Борзунов, Л.Б.Голованов, В.Л.Мазарский, А.П.Цвинев.

2/ “Получение ускоренных ионов ксенона на тандем-циклотронах ОИЯИ”.

Авторы: И.А.Шелаев, В.С.Алфеев, Б.А.Загер, С.И.Козлов, И.В.Колесов, В.Н.Мельников, Р.Ц.Оганесян, А.Н.Филлипсон, В.А.Чугреев.

## Международные связи и научное сотрудничество

Объединенный институт ядерных исследований продолжал активно развивать и укреплять международные связи и научное сотрудничество:

- в 1972 году лаборатории института выполняли совместно с научными центрами стран-участниц около 270 научных и методических работ;

- в ОИЯИ было принято за год 503 специалиста из стран-участниц в связи с выполнением совместных работ;

- в командировки в страны-участницы, в том числе для участия в совещаниях, было направлено 442 человека;

- продолжалось сотрудничество с другими научными центрами: ЦЕРНом, Институтом Н. Бора, Международным центром теоретической физики в Триесте, научными организациями Италии, Франции, Финляндии, Югославии и других стран;

- Объединенный институт провел за истекший год 12 научных и 17 научно-организационных совещаний;

- ученые института участвовали в 27 конференциях, совещаниях и школах в странах-членах ОИЯИ /кроме СССР/, в 31 конференции, совещании и школе в СССР, в 41 международной и национальной конференции в странах, не являющихся участницами института;

- в Дубну для чтения лекций и обсуждения научных проблем было приглашено 16 ученых других научных центров, 53 ученых - по обмену с другими научными центрами, многие специалисты других стран приглашались для участия в совещаниях ОИЯИ, в течение года в Дубне работали 15 стипендиатов, в основном из развивающихся стран.

Сотрудничество лабораторий института с научными центрами стран-участниц

Совместные работы лабораторий института с научно-исследовательскими ор-

ганизациями стран-участниц проводились на основе экспериментальных материалов, получаемых на синхрофазотроне, синхроциклотроне и других установках института, а также на ускорителе Института физики высоких энергий в Серпухове. Велись совместные исследования в области создания крупных установок и другого оборудования, а также автоматизации и использования вычислительной техники в экспериментах.

*Лаборатория высоких энергий* выполняет крупные эксперименты в сотрудничестве с институтами стран-членов. Особенно плодотворно в 1972 году такое сотрудничество осуществлялось в экспериментах на двухметровой пропановой камере, в которых участвует 16 лабораторий из 8 стран, занято около 100 физиков. Уже получено более 300 тысяч фотографий, 70% этих снимков передано для обработки другим научным центрам стран-участниц.

Успешно продолжается совместный эксперимент по исследованию регенерационных свойств  $K^0$ -мезонов высоких энергий. Обработка магнитных лент с экспериментальной информацией /около 2 миллионов событий/ производилась в физических институтах Болгарии, Венгрии, ГДР, СССР, Чехословакии.

В исследованиях, проводимых на основе снимков с одиометровой жидководородной камеры, участвовали наряду с Лабораторией высоких энергий Институт физики высоких энергий в Цойтене, Институт физики и математики в Улан-Баторе, Университет в Бухаресте, Институт ядерной физики Кошицкого университета, Электротехнический институт в Братиславе.

Вместе с другими научными центрами лабораторией выполнялись также измерения формфактора  $\pi$ -мезона, а также разработка и изготовление электронной аппа-

ратуры для физических экспериментов. Широкое сотрудничество развивалось на основе ядерных эмульсий.

*Лаборатория ядерных проблем* всегда выполняла большую программу совместных исследований с институтами стран-участниц. Особенно активно большинство стран-участниц включилось в выполнение программы ЯСНАПП. ГДР, ПНР, СССР и ЧССР участвовали в разработке магнитного искрового спектрометра и релятивистской стримерной камеры. Работы по МИСу заканчиваются, и в Серпухове уже проведен его пробный пуск, сделаны первые снимки.

Проводилась обработка экспериментальных данных, полученных в совместном эксперименте на электронном ускорителе в Ереване. Укрепляются научные связи с учеными Румынии в экспериментах на гелиевой стримерной камере высокого давления ЛЯП, на которой получено более 700 тыс. снимков. Лаборатория сотрудничает с другими научными центрами в области создания электронной аппаратуры, создания и применения полупроводниковых детекторов, в исследованиях на основе ядерных фотоэмульсий, в работах по реконструкции циклотрона У-120.

*В выполнение научной программы Лаборатории ядерных реакций /синтез тяжелых и сверхтяжелых элементов, поиск сверхтяжелых элементов в природных материалах, активационный анализ, изучение спонтанно делящихся изомеров, разработка электронной аппаратуры и использование ЭВМ в экспериментах/ включился ряд научно-исследовательских организаций стран-участниц ОИЯИ: Физический институт и Университет в Софии, Институт атомной физики в Бухаресте, Центральный институт физических исследований в Будапеште, Институт физики в Ханое, Центральный институт ядерных*

исследований в Россендорфе, Университет в Улан-Баторе, институты ядерной физики и университеты в Варшаве и Кракове.

Сотрудничество *Лаборатории нейтронной физики* с другими научными центрами было нацелено в основном на подготовку к запуску ИБРа-2 и экспериментов на нем. Вместе с научными организациями и предприятиями Польши разрабатывалась система управления и защиты реактора. Эксперименты на реакторе готовились совместно с учеными НРБ, ВНР, ГДР, ПНР, СРР и ЧССР. На ИБРе-30 в исследованиях конденсированных сред с помощью нейтронных пучков участвовали ученые из научных центров Венгрии, ГДР и Польши.

В решении основных задач *Лаборатории вычислительной техники и автоматизации* - развития измерительно-вычислительного комплекса ОИЯИ, разработке математического обеспечения ЭВМ, создании автоматических и полуавтоматических систем обработки फिल्मовой информации, методов визуальной связи с ЭВМ при обработке экспериментальных данных - принимали участие специалисты из научно-исследовательских организаций Болгарии, Венгрии, ГДР, СССР и Чехословакии. Лаборатория разрабатывала спиральный измеритель при помощи предприятий и научных организаций ГДР и СССР.

*Лаборатория теоретической физики* осуществляла связь с теоретиками стран-участниц в работах по исследованию атомного ядра, теории элементарных частиц, физике твердого тела и др. Результаты этих исследований использовались при постановке и анализе экспериментов в области физики элементарных частиц, физики твердого тела и ядерной физики.

*Отдел новых методов ускорения* начал сотрудничать с научными центрами НРБ, ГДР, ПНР и ЧССР. К разработке нового

метода ускорения частиц привлечены специалисты стран-участниц ОИЯИ.

*Отдел радиационной безопасности* поддерживает контакты с соответствующими службами Института ядерных исследований ПНР и Физического института НРБ.

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

В 1972 году институт направил в страны-члены ОИЯИ в связи с осуществлением программы научного сотрудничества 314 и для участия в научных конференциях, совещаниях и школах 128 человек. В странах-участницах побывал ряд ведущих ученых института, директора лабораторий, руководители отделов и групп. Несколько наших ученых находились в странах-участницах в командировках в течение длительного срока.

Для выполнения совместных работ и обсуждения научных проблем в институт приезжали 503 и с целью участия в совещаниях, организованных ОИЯИ, 546 специалистов стран-участниц.

#### Научные совещания, проведенные ОИЯИ

Институт организовал в 1972 году 12 научных и 17 научно-организационных совещаний. В апреле совместно с Институтом физики высоких энергий /Цойтен/ был проведен в ГДР симпозиум по теории элементарных частиц. Международная школа по структуре ядра работала в Алуште /СССР/ и успешно выполнила свою

задачу повышения квалификации и знаний своих участников, число которых составило 160 человек.

В сентябре состоялся Симпозиум по коллективным методам ускорения, организованный ОИЯИ, на котором были представлены почти все исследовательские центры, работающие в этом направлении. Совместно с Институтом экспериментальной физики /Кошице/ в октябре был проведен II Международный симпозиум по физике высоких энергий и элементарных частиц, на котором были подведены итоги исследований, выполненных в этой области в течение года в ОИЯИ и его странах-участницах. Рабочие совещания по неупругим взаимодействиям, проходившие в марте в Варшаве и в сентябре в Тбилиси, позволили поднять эффективность работы, в которой участвуют лаборатории большинства стран-участниц ОИЯИ.

Совещания, организованные институтом, были посвящены актуальным научным проблемам, развиваемым в ОИЯИ. Они дали возможность подвести итоги, выявить перспективы дальнейших исследований и значительно содействовали укреплению сотрудничества института с научными организациями социалистических стран.

#### Научные совещания, организованные другими физическими центрами

В 1972 году 128 специалистов Объединенного института ядерных исследований приняли участие в 27 конференциях, семинарах, школах, совещаниях, проходивших в ВНР, ГДР, МНР, ПНР, СРР, ЧССР

и 530 специалистов - в 31 совещании, проведенном в СССР. 100 ученых института участвовали более чем в 40 конференциях, организованных в Англии, Австрии, Италии, США, Франции, ФРГ, Югославии, Японии и др.

Объединенный институт направил представительные делегации на Совещание по ядерной спектроскопии и структуре ядра в Киеве /СССР/, Международную конференцию в Будапеште /ВНР/, Международную конференцию по физике высоких энергий в Батавии /США/ и др.

#### Сотрудничество и связи с научными центрами стран, не являющихся членами ОИЯИ

Институт продолжал сотрудничество с научными центрами стран, не являющихся участницами ОИЯИ. 33 ученых института работали в ЦЕРНе, физических центрах Франции, Дании, Италии, Финляндии, Югославии. Объединенный институт пригласил в Дубну руководителей институтов ряда европейских стран: директора Национального института физики ядра и частиц Франции проф. Жана Тейяка, директора Института физики Туринского университета проф. Карла Костаньоли, директора Физического департамента Хельсинского университета проф. Калерво Лаурикайнена, заместителя директора института Лауэ-Ланжевена в Гренобле Бернара Жакро. Были подписаны протоколы о сотрудничестве с этими институтами.

С некоторыми научными центрами ОИЯИ выполняет совместные работы. В экспериментах на синхротроне с помощью стримерной камеры высокого давления участвуют специалисты Института физики в Турине, в теоретических иссле-



дованиях - ученые Института им. Нильса Бора.

В течение года в Дубне были приняты 53 специалиста по программе обмена с другими научными центрами. 16 ученых приезжали в ОИЯИ для чтения лекций и обсуждения научных проблем. Среди них проф. Т.Редже и К.Костаньола из Италии, проф. Ж.Лаберриг из Франции, З.Коба из Японии, проф. Святецкий из США. Объединенный институт приглашал для чтения лекций ряд физиков ЦЕРНа. 44 специалиста из этих центров приезжали в Дубну для участия в научных совещаниях, организованных ОИЯИ. В лабораториях инсти-

тута работали 15 стипендиатов, главным образом из развивающихся стран.

### Экскурсии в ОИЯИ

Для ознакомления с историей Объединенного института, основными направлениями исследований и экспериментальными установками в течение года было принято 45 групп экскурсантов /1146 человек/, из них 39 групп /1121 человек/ - из стран-участниц, 6 групп /25 человек/ - из других стран.

### СПРАВКА

о развитии международного сотрудничества и связей

Объединенного института ядерных исследований

за период 1967-1972 гг.

№№	Вид сотрудничества	1967	1968	1969	1970	1971	1972
1.	Количество совместных работ	203	210	235	250	270	285
2.	Количество командировок специалистов из стран-участниц в Дубну /без совещаний/	307	301	352	446	543	503
3.	Количество командировок специалистов ОИЯИ в страны-участницы	252	258	350	287	397	431
4.	Количество научных, методических и научно-организационных совещаний	28	23	29	28	27	29

№№	Вид сотрудничества	1967	1968	1969	1970	1971	1972
5.	Количество командировок на международные конференции и в научные центры стран-неучастниц	102	129	147	166	139	132
6.	Количество приездов специалистов из стран-неучастниц	67	49	87	176	225	226
7.	Количество стипендиатов ОИЯИ	6	7	6	8	19	15

**ПЕРЕЧЕНЬ**  
научных совещаний,  
проведенных Объединенным институтом ядерных исследований  
в 1972 году

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

*А. Совещания по физике высоких энергий*

- |    |  |              |                     |    |
|----|--|--------------|---------------------|----|
| 1. | Симпозиум по теории элементарных частиц                                    | 12-23 апреля | Рейнхардсбрунн, ГДР | 66 |
| 2. | II Международный симпозиум по физике высоких энергий и элементарных частиц | 2-9 октября  | Штрбске-Плесо, ЧССР | 84 |

*Б. Совещания по физике низких энергий*

- |    |                                       |              |              |     |
|----|---------------------------------------|--------------|--------------|-----|
| 3. | Международная школа по структуре ядра | 12-28 апреля | Алушта, СССР | 160 |
|----|---------------------------------------|--------------|--------------|-----|

1	2	3	4	5
4.	Семинар по перспективам исследований неупругих взаимодействий нейтронов на ИБРе-2	11-12 мая	Дубна	40
5.	Рабочее совещание по поиску и синтезу новых трансурановых элементов	12-16 декабря	Дубна	39
<i>В. Совещания по методическим вопросам</i>				
6.	Рабочее совещание по исследованию неупругих взаимодействий с импульсом 40 Гэв/с на 2-метровой пропапановой камере	28-31 марта	Варшава, ПНР	20
7.	Рабочее совещание по полупроводниковым детекторам	20-23 июня	Дубна	69
8.	Выставка электронных и измерительных приборов для физических исследований, изготовленных в странах-участницах ОИЯИ	19-24 июня	Дубна	25
9.	Рабочее совещание по фотозумьсионным опытам на пучках ускорителей ИФВЭ и ЛВЭ ОИЯИ	27-30 июня	Дубна	10
10.	Симпозиум по коллективным методам ускорения	27-30 сентября	Дубна	46
11.	Рабочее совещание по исследованию неупругих взаимодействий с импульсом 40 Гэв/с на 2-метровой пропапановой камере	25-30 сентября	Тбилиси, СССР	142
12.	Совещание экспертов-патентоведов стран-участниц ОИЯИ	3-6 октября	Дубна	24
<i>Г. Научно-организационные совещания</i>				
13.	Сессия Ученого совета ОИЯИ	4-7 января	Дубна	35
		30 мая-1 июня	Дубна	25

1	2	3	4	5
14.	Сессии Ученого совета по физике высоких энергий ОИЯИ	25-28 апреля 21-24 ноября	Дубна Дубна	29 35
15.	Сессии Ученого совета по физике низких энергий ОИЯИ	16-19 мая 21-23 ноября	Дубна Дубна	29 33
16.	Сессия Ученого совета по теоретической физике ОИЯИ	7-9 декабря	Дубна	24
17.	Совещания Камерного комитета ОИЯИ	18-20 апреля 14-16 ноября	Дубна Дубна	28 30
18.	Совещания Фотозмульсионного комитета ОИЯИ	18-20 апреля 14-16 ноября	Дубна Дубна	40 47
19.	Совещания Комитета по электронным экспериментам ОИЯИ	18-20 апреля 14-16 ноября	Дубна Дубна	24 25
20.	Совещания Комитета по ядерной физике ОИЯИ	11-12 мая 14-15 ноября	Дубна Дубна	16 25
21.	Совещания Комитета по нейтронной физике ОИЯИ	13-15 мая 14-16 ноября	Дубна Дубна	37 35

**ПЕРЕЧЕНЬ**  
международных и национальных конференций,  
симпозиумов, семинаров, совещаний и школ,  
в которых принимали участие специалисты Объединенного института  
ядерных исследований в 1972 году

№№ пп	Наименование	Время проведения	Место проведения
1	2	3	4

*А. В странах-участницах Института*

- |  |              |                 |
|--|--------------|-----------------|
| 1. Зимняя школа по ядерной физике                                    | 10-28 января | Куневальде, ГДР |
| 2. XXII совещание по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра | 25-28 января | Киев, СССР      |

1	2	3	4
3.	Симпозиум по современным проблемам физики высоких энергий	26 января - 6 февраля	Лейпциг, ГДР
4.	Зимняя школа по теоретической физике	14-29 февраля	Карпач, ПНР
5.	Научная сессия Отделения ядерной физики АН СССР по физике элементарных частиц	28 февраля 1 марта	Дубна, СССР
6.	Весенняя школа по физике реакторов	17-31 марта	Бад-Шандау, ГДР
7.	Симпозиум по физике низких температур	19-25 марта	Гауссиг, ГДР
8.	Рабочее совещание по физике высоких энергий	20-27 марта	Аренсхоп, ГДР
9.	Совещание по циклотронам	22-30 марта	Варшава, ПНР
10.	Конференция по электронным приборам	16-30 апреля	Рожнов, ЧССР
11.	Весенняя школа по электронной структуре металлов	20-30 апреля	Дрезден, ГДР
12.	Международный семинар по взаимодействию адронов при высоких энергиях	24-27 апреля	Баку, СССР
13.	II Европейский конгресс по радиационной защите	2-9 мая	Будапешт, ВНР
14.	Школа-семинар по асимптотическим методам в математической физике	5-15 мая	Ташкент, СССР
15.	IV Всесоюзное научно-техническое совещание по проблемам магнитных измерений и магнито-измерительной аппаратуры	11-13 мая	Ленинград, СССР
16.	Всесоюзное совещание по аксиоматическим, алгебраическим подходам и вопросам симметрии в теории элементарных частиц	16-18 мая	Ташкент, СССР

1	2	3	4
17.	Семинар по применению ЭВМ	19-29 мая	Улан-Батор, МНР
18.	Всесоюзное совещание по теории нерелятивистских систем с сильным взаимодействием	23-26 мая	Киев, СССР
19.	Международный симпозиум по электронной структуре и свойствам переходных металлов, их сплавов и соединений	24-30 мая	Киев, СССР
20.	Международное совещание по внедрению ионов в полупроводники	28 мая - 4 июня	Россендорф, ГДР
21.	IV совещание по физике взаимодействия заряженных частиц с монокристаллами	29-31 мая	Москва, СССР
22.	Симпозиум по молекулярным кристаллам	30 мая - 14 июня	Краков, ПНР
23.	Международная конференция по автоматизации научных исследований на основе применения ЭВМ	5-9 июня	Новосибирск, СССР
24.	Летняя школа по дифракционному рассеянию	5-19 июня	Закопане, ПНР
25.	Симпозиум по нейтрину	11-21 июня	Балатонфюред, ВНР
26.	Всесоюзная конференция по ядерным реакциям при высоких энергиях	19-23 июня	Тбилиси, СССР
27.	V Всесоюзная конференция по физике электронных и атомных столкновений	19-23 июня	Ужгород, СССР
28.	I конференция по фазовым переходам металл-диэлектрик	21-23 июня	Москва, СССР
29.	XVII Всесоюзное совещание по физике низких температур	26-30 июня	Донецк, СССР

1	2	3	4
30. Симпозиум по теории языков и методам построения систем программирования	26 июня - 1 июля	Алушта, СССР	
31. XIII Международная конференция по ядерной фотографии и диэлектрическим детекторам	10-15 июля	Бухарест, СРР	
32. Международная конференция по полупроводникам	24 июля - 4 августа	Варшава, ПНР	
33. Международная конференция по исследованию структуры ядра нейтронами	30 июля - 9 августа	Будапешт, ВНР	
34. Летняя школа по ядерной физике	20 августа - 12 сентября	Рудзиска, ПНР	
35. Симпозиум по химии трансурановых элементов	4-8 сентября	Москва, СССР	
36. III съезд болгарских математиков	5-16 сентября	Варна, НРБ	
37. Международная конференция по взаимодействию электронов с сильным электромагнитным полем излучения	10-17 сентября	Балатонфюред, ВНР	
38. Международная школа по ядерным реакциям	11-21 сентября	Предял, СРР	
39. Симпозиум по математическому обеспечению вычислительных систем, работающих в реальном масштабе времени	13-17 сентября	Киев, СССР	
40. Семинар по мю-е проблемам	19-21 сентября	Москва, СССР	
41. Научно-технический семинар по вопросам разработки и применения портативных генераторов нейтронов	24-28 сентября	Москва, СССР	
42. III Всесоюзное совещание по проблемам ускорения заряженных частиц	2-4 октября	Москва, СССР	
43. Всесоюзный симпозиум по актуальным проблемам теории чисел	5-12 октября	Самарканд, СССР	

1	2	3	4
44. Школа молодых ученых по физике высоких энергий	5-16 октября	Сухуми, СССР	
45. Всесоюзная научная конференция по гравитации и теории относительности	11-14 октября	Ереван, СССР	
46. Научная сессия ОЯФ АН СССР по физике высоких энергий и элементарным частицам	16-19 октября	Москва, СССР	
47. V Всесоюзная конференция по современным проблемам геометрии	20-24 октября	Самарканд, СССР	
48. II конференция по физико-химическим основам легирования полупроводниковых материалов	23-25 октября	Москва, СССР	
49. Школа по теории твердого тела	23-28 октября	Кишинев, СССР	
50. Совещание СЭВа по системе КАМАК	23-28 октября	Варшава, ПНР	
51. VI Симпозиум по кибернетике	1-3 ноября	Тбилиси, СССР	
52. Заседание Химического общества ГДР	11-14 ноября	Берлин, ГДР	
53. Осенняя школа по магнетизму	12-20 ноября	Гауссиг, ГДР	
54. V Симпозиум по вопросам избыточности в информационных системах	14-17 ноября	Ленинград, СССР	
55. Зимняя школа по радиохимии	15-28 ноября	Россендорф, ГДР	
56. Совещание по электромагнитным взаимодействиям ядер при малых и средних энергиях	11-13 декабря	Москва, СССР	
57. Семинар по обработке ядерных данных	11-15 декабря	Гауссиг, ГДР	
58. Международная конференция по математическим проблемам теории поля и квантовой статистике	12-19 декабря	Москва, СССР	

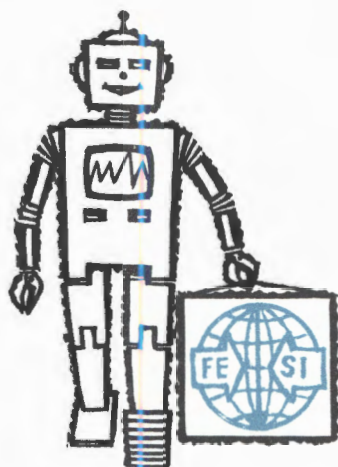


1	2	3	4
<i>Б. В странах-неучастницах института</i>			
59. IX конференция по физике твердого тела	3-8 января	Манчестер, Англия	
60. Зимняя школа по физике электронов в кристаллических твердых телах	6 января - 5 марта		Триест, Италия
61. Коллоквиум по радиохимии	8-20 января	Карлсруэ, ФРГ	
62. Конференция по фундаментальным взаимодействиям при высоких энергиях	16-24 января	Корал-Гейблс, США	
63. XI -Международная школа по ядерной физике	20 февраля - 5 марта	Шладминг, Австрия	
64. Симпозиум по сцинтилляционным и полупроводниковым счетчикам	27 февраля - 9 марта	Вашингтон, США	
65. Курсы по изучению ЭВМ CDC-6200	1 марта - 29 августа	Лондон, Англия	
66. Симпозиум МАГАТЭ по неупругому рассеянию нейтронов в конденсированных средах	4-15 марта	Гренобль, Франция	
67. Заседание камерного комитета ЦЕРНа	5-12 марта	Женева, Швейцария	
68. Международная конференция по адронным столкновениям	3-9 апреля	Оксфорд, Англия	
69. IX Европейское совещание по развитию циклотронных методов ускорения	7-18 апреля	Юлих, ФРГ	
70. Симпозиум МАГАТЭ по применению ядерных активационных методов в естественных науках	8-18 апреля	Любляна, Югославия	
71. Европейская конференция по вычислительной физике	9-18 апреля	Женева, Швейцария	
72. Школа ЦЕРНа по физике высоких энергий	15-31 мая	Градо, Италия	

1	2	3	4
73. Совещание действительных членов Ассоциации пользователей ЭВМ фирмы CDC	21-29 мая	Дулут, США	
74. IV Международная конференция и выставка по криогенной технике	22-29 мая	Эйндховен, Голландия	
75. Международный симпозиум "Ядерные состояния с высоким спином"	28 мая - 6 июня	Стокгольм, Швеция	
76. Гордоновская конференция по ядерной химии	21 июня - 3 июля	Нью-Лондон, США	
77. I Европейская конференция по ядерной физике	24 июня - 6 июля	Экс-ан-Прованс Франция	
78. Летняя школа по ядерной физике	24 июня - 8 июля	Лома-Коли, Финляндия	
79. Летняя школа по математическому анализу	3 июля - 28 августа	Триест, Италия	
80. Международная школа по физике высоких энергий	6 июля - 30 августа	Эриче, Италия	
81. Международная летняя школа по теоретической физике	15-30 июля	Кайзерслаутерн, ФРГ	
82. VI Международная конференция по циклотронам	16-28 июля	Ванкувер, Канада	
83. Международная конференция по избранным проблемам магнетизма	21 июля - 1 августа	Бохум, ФРГ	
84. Симпозиум "Анализ и применение редкоземельных материалов"	22 августа - 1 сентября	Келлер, Норвегия	
85. Международная конференция по проблемам малочастичных систем в ядерных взаимодействиях	27 августа - 9 сентября	Лос-Анжелес, США	
86. Европейская конференция по изучению промежуточных процессов в ядерных реакциях	29 августа - 7 сентября	Плитвицкие озера, Югославия	

1	2	3	4
87. Международная конференция "ЭВМ в он-лайн системах"		1-18 сентября	Оксбридж, Англия
88. Международная конференция по ядерным моментам и ядерной структуре		3-15 сентября	Осака, Япония
89. XVI Международная конференция по физике высоких энергий		3-18 сентября	Чикаго, США
90. II Международная конференция по ионным источникам		10-20 сентября	Вена, Австрия
91. Международная школа по физике элементарных частиц		17 сентября - 1 октября	Башко-Поле, Югославия
92. IV Международная конференция по магнитной технологии		17-25 сентября	Брукхейвен, США
93. Генеральная конференция Европейского физического общества		1 октября - 10 декабря	Висбаден, ФРГ
94. Международная конференция по современным методам в активационном анализе		1-12 октября	Сакле, Франция
95. Конференция пользователей ЭВМ фирмы CDC		1-7 октября	Бремен, ФРГ
96. Семинар ИНИС для сотрудников по связи		11-18 ноября	Вена, Австрия
97. Международная конференция по ядерным исследованиям		3-18 декабря	Майамн-Бич, США
98. Симпозиум по нейтронной дозиметрии для целей радиологической защиты		10-17 декабря	Вена, Австрия

# Научная информация



## Издательский отдел

За год издательский отдел отпечатал около 5 млн. оттисков. Выпущено в свет 606 наименований препринтов и сообщений ОИЯИ с общим объемом 700 уч.-изд. листов. Увеличилось количество служебных материалов, отпечатанных отделом /математическое обеспечение, проекты экспериментов, различные заказы Ученого совета, Комитета Полномочных Представителей, а также лабораторий и подразделений института. Количество брошюр служебных материалов возросло с 210 в 1971 году до 292 в 1972 году. Их объем - 397 уч.-изд. листов. Общий объем всех публикаций, выпущенных полиграфистами ОИЯИ, включая служебные, составил 1097 уч.-изд. листов /в 1971 году - 923 уч.-изд. листа/.

За год отпечатано 14 сборников материалов конференций, симпозиумов, международных школ. Особое значение придавалось изданию сборника "ОИЯИ и развитие ядерной физики в Советских республиках". Приуроченная к 50-летию образования СССР, эта книга подвела некоторые итоги связей ОИЯИ с университетами и институтами страны местопребывания ОИЯИ, того влияния, которое Дубна оказывала на развитие физики в этих республиках. По своим полиграфическим качествам она является лучшей из всех выпущенных отделом за 15 лет его существования.

Списки адресов, по которым рассылаются публикации института, пополнились за это время 59 адресами. В числе новых стран, с которыми в истекшем году установлен обмен, - Бангладеш и Малайзия.

В 1972 году оформлено направление в редакции журналов и в оргкомитеты научных конференций 707 статей и докладов сотрудников института. Из этого числа в журналы Советского Союза было послано 303 статьи, в журналы других стран - 83 статьи. 125 докладов направ-

лено на международные научные конференции, симпозиумы и школы, 196 докладов - на совещания и конференции в СССР.

Издательский отдел продолжал выполнять и другие работы. На 70 тыс. копий возросла продукция участка ксерокопирования. Общее число ксерокопий за истекший год, сделанных для лабораторий, библиотеки, управления института, составляет 237 тыс.

Выполнялись заказы лабораторий и других подразделений института на печатание различных бланков и иной полиграфической продукции, полностью удовлетворялись все запросы на бланки для обработки экспериментальной информации.

Продолжалось изучение состояния техники оперативной полиграфии. Издательский отдел участвовал в трех научных конференциях, посвященных этим вопросам. 103 экскурсанта из различных институтов, типографий Советского Союза и других стран-участниц посетило отдел в целях ознакомления с его техникой. Особое внимание посетителей привлекала фотонаборная техника, так как это, по-видимому, первый пример внедрения фотонабора в оперативную полиграфию. Выбранные ОИЯИ машины типа "Джастотекст-70", являющиеся в настоящее время наиболее дешевыми фотонаборными машинами, оказались вполне подходящими для данного вида работ.

*В издательском отделе освоен автоматизированный фотонабор. Это улучшило полиграфические качества публикаций.*



## Научно- техническая библиотека

В 1972 году число читателей научно-технической библиотеки и ее филиалов составило около 5 000 человек, в том числе 650 прибывших в ОИЯИ в командировки. Ежедневное число посетителей приблизилось к 300. Количество выданной за год литературы превысило 220 тыс. печатных единиц.

По заказам читателей за год получено по межбиблиотечному абонементу 1858 экземпляров различных изданий. Выполнено 411 заявок на литературу, присланных из 108 библиотек Советского Союза и других стран.

По всем источникам комплектования в библиотеку Объединенного института поступило 18 820 печатных единиц, в том числе по обмену - 243 названия научных монографий и 76 названий журналов. Было принято 59 диссертаций, защита которых состоялась в ОИЯИ.

Проводилась работа по очистке фонда от устаревшей литературы, изымались опубликованные препринты.

На 31 декабря 1972 года библиотечный фонд насчитывал 306 350 печатных единиц.

Все поступившие издания своевременно обрабатывались и отражались в сводных каталогах центральной библиотеки и в каталогах филиалов. Картотека трудов ученых ОИЯИ в 1972 году пополнилась 4 800 новыми карточками, был издан указатель публикаций сотрудников института за 1971 год.

Велась информационно-библиографическая работа. Еженедельно выпускались экспресс-информации о новых поступлениях: "Книги", "Статьи", "Препринты". Всего за год выпущено 167 номеров, включивших 22 381 название. Напечатано 132 списка новых журналов. Еженедельно обновлялись выставки поступлений литературы.

Библиографический отдел дал большое количество устных и письменных справок по запросам сотрудников ОИЯИ.

### Обмен изданиями

Всего за 1972 год в научно-техническую библиотеку ОИЯИ в порядке обмена прислано 7705 публикаций /препринтов и оттисков/ из 40 стран.

Кроме того, в порядке обмена в библиотеку бесплатно поступали журналы 76 названий из 18 стран.

Количество поступлений из советских и зарубежных учреждений показывает следующая таблица.

Наименование страны	Препринты	Оттиски	Журналы	Книги
1	2	3	4	5
<b>Страны-участницы ОИЯИ</b>				
1. Болгария	-	-	1	-
2. Венгрия	76	10	4	2
3. ГДР	68	-	1	-
4. Польша	219	8	5	8
5. Румыния	36	-	9	4
6. СССР	862	-	27	140
7. Чехословакия	39	-	5	2
<b>Всего:</b>	<b>1300</b>	<b>18</b>	<b>52</b>	<b>156</b>

### Другие страны и международные организации

8. Австралия	51	44	-	-
9. Австрия	8		3	21

	1	2	3	4	5
10. Бангладеш	2		-	-	-
11. Бельгия	19		-	1	-
12. Бразилия	23		-	1	-
13. Великобритания	378		-	-	2
14. Голландия	12		9	-	-
15. Гонконг	1		-	-	-
16. Греция	14		-	-	-
17. Дания	58		46	1	6
18. Евратом	138		-	-	8
19. Западный Берлин	24		-	-	12
20. Индия	213		8	1	3
21. Ирландия	11		-	-	-
22. Испания	19		-	-	-
23. Италия	572		239	1	-
24. Канада	77		52	-	-
25. Люксембург	-		-	1	-
26. Малайзия	5		-	-	-
27. Мексика	1		34	-	-
28. Новая Зеландия	7		-	-	-
29. Норвегия	13		-	-	-
30. Арабская Республика Египет	28		-	-	-
31. Португалия	4		-	-	-
32. США	2145		23	3	18
33. Финляндия	44		-	1	-
34. Франция	437		24	2	3
35. ФРГ	738		60	3	7
36. Швеция	40		1	-	-
37. Швейцария	14		1	-	-
38. ЦЕРН	358		-	2	7
39. Югославия	7		69	-	-
40. Япония	316		3	4	-
<b>Всего:</b>	<b>5777</b>		<b>610</b>	<b>24</b>	<b>87</b>

Общее количество: 7705 76 243



## Изобретательство, рационализация, патентная служба

### Открытия

◇ Вручение дипломов на открытие №94 "Распад фи-ноль-мезона на электрон-позитронную пару" сотрудникам ОИЯИ А.М.Балдину, М.Н.Хачатуряну, М.С.Хвастунову, А.Т.Матюшину, В.Т.Матюшину, Л.И.Журавлевой, В.И.Иванову, М.А.Азимову, Р.Г.Аствацатурову, А.С.Белоусову и Я.Гладки состоялось в июле 1972 года.

◇ Диплом на открытие №100 "Безрадиационные переходы в мезоатомах" вручен сотруднику ОИЯИ Б.М.Понтекорво в декабре 1972 года.

◇ Сообщение о регистрации открытия №114 "Элемент 105-ый периодической системы Д.И.Менделеева" сотрудников ОИЯИ Г.Н.Флерова, Ю.Ц.Оганесяна, Ю.В.Лобанова, Ю.А.Лазарева, И.Звары, В.З.Белова, В.А.Друина, А.Г.Демина и Ю.П.Харитонова опубликовано в "Официальном бюллетене Комитета по делам изобретений и открытий при Совете Министров СССР" № 32 за 1972 год.

◇ Публикация о регистрации открытия №119 "Явления образования и распада сверхтяжелого гелия - гелия 8" сотрудников ОИЯИ Ю.А.Батусова, С.А.Буянова, В.М.Сидорова помещена в "Официальном бюллетене" № 36 за 1972 год.

Это 10-ое открытие, сделанное сотрудниками ОИЯИ, которое получило правовую охрану.

### Изобретения

	1972 г.	1971- 1972 гг.	1958 - 1972 гг.
Подано заявок на изобретения	104	209	863
Получено положительных решений	42	79	290

	1972 г.	1971- 1972 гг.	1958- 1972 гг.
Внедрено изобре- тений	20	44	172
Средний размер авторского воз- награждения за изобретения /руб./	490	420	316

### Рационализаторские предложения

	1972 г.	1971- 1972 гг.	1956- 1972 гг.
Внедрено рацио- нализаторских предложений	510	872	4300
Учетный эконо- мический эффект в тыс. руб.	42,5	94,7	1294,7
Средний размер авторского воз- награждения	33	37	38

### Итоги конкурсов

#### А. Внедренные изобретения

- 1-ая премия:* Л.Б. Голованов и В.Л. Мазарский, "Жидководородная мишень", авторское свидетельство № 288178.
- 2-ые премии:* 1. Э.В. Козубский, М. Малы, "Способ освещения водородной пузырьковой камеры"; авторское свидетельство № 160604.

2. В.И. Данилов, Е.И. Розанов, В.И. Смирнов, А.В. Шестов, "Генератор пилообразных импульсов тока для системы магнитной растяжки пучка частиц синхротрона", авторское свидетельство № 300949.

#### Б. Изобретения

- 1-я премия:* Ю.Д. Безногих, "Линейный ускоритель ионов", авторское свидетельство № 313319.
- 2-я премия:* Е.И. Дьячков, А.Г. Зельдович, "Способ защиты от загрязнений отвердевшими газами поверхностей низкотемпературного сосуда", авторское свидетельство № 309329.

#### В. Рационализаторские предложения

- 1-я премия:* В.В. Федорин, "Изменение схемы защиты адреса команды ЭВМ БЭСМ-6".
- 2-я премия:* А.Н. Любенко, "Коммутатор входных сигналов к стробоскопическому осциллографу для многоканального наблюдения высокочастотных сигналов".

#### Г. Прогнозы и обзоры

- 3-я премия:* А.Ф. Писарев, "Перспективы развития трековых детекторов частиц".
- Поощрительная премия:* Л.Э. Венцковский, А.Г. Зельдович, Н.И. Никишина, Р.А. Фесенко, "Использование явлений сверхпроводимости в физике высоких энергий".

### Патентная информация

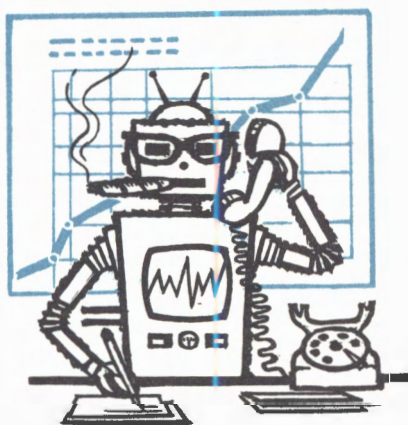
Выпущено 24 номера бюллетеня "Патенты", в которых дана сигнальная информация о 2762 патентах и авторских свидетельствах на изобретения по тематике ОИЯИ.

### Разработка правовых норм

С 3 по 6 октября 1972 года в Дубне состоялось 2-ое совещание экспертов-патентоведов стран-участниц ОИЯИ, на котором был обсужден и в основном согласован проект положения об изобретениях в ОИЯИ.

Общеинститутские  
службы

Административно-  
хозяйственная  
деятельность



## Отдел радиационной безопасности

Деятельность отдела радиационной безопасности была связана с обеспечением дозиметрического контроля радиационной обстановки вблизи действующих ядерно-физических установок ОИЯИ, а также в помещениях, в которых проводятся работы с открытыми радиоактивными веществами и ампулированными радиоактивными источниками. Проводились также проверка загрязненности окружающей среды радиоактивными веществами в районе расположения ОИЯИ и индивидуальный дозиметрический контроль.

В настоящее время индивидуальным дозиметрическим контролем охвачено около 2 000 сотрудников ОИЯИ. Степень облучения 99,7% контролируемых сотрудников Лаборатории высоких энергий, 76,1% сотрудников Лаборатории ядерных проблем, 80,7% сотрудников Лаборатории нейтронной физики и 98,3% сотрудников Лаборатории ядерных реакций не превышала 0,2 годовой предельно допустимой дозы.

С целью увеличения степени достоверности результатов дозиметрического контроля в отделе радиационной безопасности был выполнен ряд научно-методических и инженерно-технических работ. Проведено сравнение различных методов и приборов дозиметрии в полях излучений протонных ускорителей института, экспериментально проверена линейность показаний счетчиковых дозиметров нейтронов в полях рассеянного излучения вблизи синхрофазотрона, синхроциклотрона и реактора ИБР-30. Измерены спектры нейтронов за защитой ускорителей протонов, выполнены эксперименты по проверке методов расчета защиты ускорителей протонов на высокие энергии, разработаны программы для расчета с помощью ЭВМ спектрально-угловых распределений релятивистских нейтронов в защите. Изготовлен и налажен макет спектрометра

нуклонов высоких энергий. Проведены исследования радиоактивности в конструкционных материалах, наведенной рассеянным излучением в зале синхроциклотрона.

Осуществлен ряд экспериментов по изучению влияния работы ядерно-физических установок ОИЯИ на загрязненность окружающей среды радиоактивными ве-

ществами. Освоены радиохимические методы выделения стронция, цезия и суммы изотопов редкоземельных элементов из проб на радиоактивность окружающей среды. В результате проведенных исследований установлено, что загрязненность окружающей среды радиоактивными веществами в районе ОИЯИ не превышает среднего уровня.

## Совет по радиоэлектронике

### Выставка приборов ядерной электроники и измерительной техники

Советом по радиоэлектронике подготовлена и проведена в Дубне Выставка приборов ядерной электроники и измерительной техники. Внешнеторговые предприятия и научно-исследовательские центры Народной Республики Болгарии, Венгерской Народной Республики, Польской Народной Республики и Чехословацкой Социалистической Республики показали свои экспонаты. По времени это мероприятие было приурочено к работе Международного научного совещания по полупроводниковым детекторам, /проводившегося Объединенным институтом/, участники которого ознакомились с экспонировавшимися приборами. Выставку посетили также специалисты из научно-исследовательских институтов Москвы, Ленинграда и других городов, а также группа сотрудников секретариата Совета экономической взаимопомощи. Участие в работе выставки представителей внешнеторговых предприятий ВНР, ПНР, СССР и ЧССР позволило оперативно оформить торговые соглашения.

Показ в Дубне успехов приборостроения и ядерной электроники стран-участниц Объединенного института, ставший традиционным, способствует развитию международных связей, обмену техническим опытом, а также помогает обеспечить ведущиеся в ОИЯИ эксперименты необходимым электронным оборудованием, изготовленным в странах-участницах. Так, многие приборы сразу же после окончания выставки поступили в распоряжение ученых института. Были заключены контракты на поставку в ОИЯИ из Венгрии многоканальных анализаторов и измерительных приборов, из Польши - конструктивных элементов в стандарте

КАМАК с блоками питания и высокочастотных стробоскопических осциллопов, из Чехословакии - модулей микроэлектроники, разъемов КАМАК и других радиокомпонентов.

### Конкурс на разработку устройств ядерной электроники с применением микроэлектронных схем

В целях популяризации устройств ядерной электроники, разработанных в подразделениях Объединенного института с применением микроэлектроники, их унификации и организации опытного и серийного производства в центральных экспериментальных мастерских Советом по радиоэлектронике подготовлен и проведен третий тематический конкурс под девизом "Микроэлектроника". На конкурс было представлено более 20 работ по следующей тематике:

- временная и спектрометрическая электроника для счетчиков ядерных излучений;
- аппаратура сопряжения с ЭВМ;
- аппаратура для вывода цифровых данных;
- конструкции электронной аппаратуры и элементов на микромодулях, источники ее питания;
- устройства обработки filmовой информации.

Аппаратура демонстрировалась на выставке конкурсных работ и была представлена авторами на семинаре, в котором приняло участие жюри конкурса. Жюри отметило значительные успехи, достигнутые лабораториями и подразделениями Объединенного института в области создания отдельных устройств и целых систем блоков ядерной электроники с при-

менением микроэлектронных интегральных схем, что открывает новые большие возможности для физиков-экспериментаторов. Две первые премии жюри присудило за работы:

- "Система блоков цифровой электроники в стандарте КАМАК" /группа авторов из Лаборатории высоких энергий, руководитель - И.Ф.Колпаков/;
- "Устройство связи оператора с ЭВМ в полуавтоматических измерительных системах" /группа авторов из Лаборатории вычислительной техники и автоматизации, руководитель - Ю.А.Каржавин/.

### Стандартизация и текущие работы

На основе материалов конкурса специальной комиссией, назначенной Советом по радиоэлектронике, готовятся рекомендации по налаживанию производства в центральных экспериментальных мастерских наиболее удачных блоков, выполненных в стандарте КАМАК.

На заседаниях Совета рассматривались вопросы, связанные с организацией в ЦЭМе новых технологических участков, необходимых для внедрения в производство блоков и устройств с применением микроэлектроники.

Совет дал рекомендации также по приобретению и распределению компонентов радиоэлектроники, измерительных приборов и т.д. На его заседаниях обсуждались и согласовывались квартальные планы по выпуску электронных изделий в ЦЭМе. Рабочей группой подготовлена и выпущена очередная серия информационно-справочных листов к электронным блокам, изготавливаемым в центральных экспериментальных мастерских.

В 1973 году Советом по радиоэлектронике готовится очередной, VII, симпозиум по ядерной электронике, посвященный вопросам использования малых ЭВМ в экспериментальной ядерной физике.



## Административно- хозяйственная деятельность

### Кадры

Численность сотрудников Объединенного института ядерных исследований /исключая производственные подразделения/ на 31 декабря 1972 года составила 4124 человека.

Распределение сотрудников ОИЯИ по категориям показано в таблице:

Категория работников	Численность в лабораториях и управлении
Научные сотрудники	781
Инженеры	1031
Техники и мастера	322
Рабочие	1534
Служащие	260
Младший обслуживающий персонал	146
Стипендиаты	15
Ученики	35
Итого:	4124

В ОИЯИ работают 4 академика АН СССР /Н.Н. Боголюбов, Б.М. Понтекорво, Г.Н. Флеров, И.М. Франк/, 9 членов-корреспондентов /А.М. Балдин, Д.И. Блохинцев, Н.Н. Говорун, В.П. Желепов, И. Звара, М.Г. Мешеряков, Н. Содном, И. Тодоров, Д.В. Ширков/, 82 доктора наук и 358 кандидатов наук.

В 1972 году в ОИЯИ принято 447 человек:

научных сотрудников	- 114
инженеров	- 93
техников и мастеров	- 32
рабочих	- 170
служащих	- 26
младшего обслуживающего персонала	- 12

Уволено из ОИЯИ за этот же период в связи с окончанием срока работы и по другим причинам 479 человек.

В течение года учеными советами и научно-техническими советами лабораторий избраны на должности на новые сроки 103 специалиста.

Присвоены ученые звания младшего научного сотрудника 24 и звания старшего научного сотрудника 14 человекам.

В течение 1972 года защитили кандидатские диссертации 28, докторские - 8 человек.

### Финансовая деятельность

Для проведения научно-исследовательских работ и капитального строительства научно-исследовательских и других объектов Комитет Полномочных Представителей государств-членов Объединенного института ядерных исследований ассигновал на 1972 год 34562 тыс. руб.

Фактические расходы за 1972 год составили 34961 тыс. руб. /или 101,2% по отношению к годовым ассигнованиям/, распределение которых по разделам бюджета показано в таблице.

Наименование разделов	Годовые ассигнования /в тыс. руб./	Фактические расходы	В % к плану
1	2	3	4
1. Административно-управленческие и хозяйственные расходы	3215	3207	99,7
2. Расходы на научно-исследовательскую деятельность	19455	19183	98,6

	1	2	3	4
3. Капитальные вложения на строительство научно-исследовательских и других объектов		11892	12571	105,7
Итого :		34562	34961	101,2

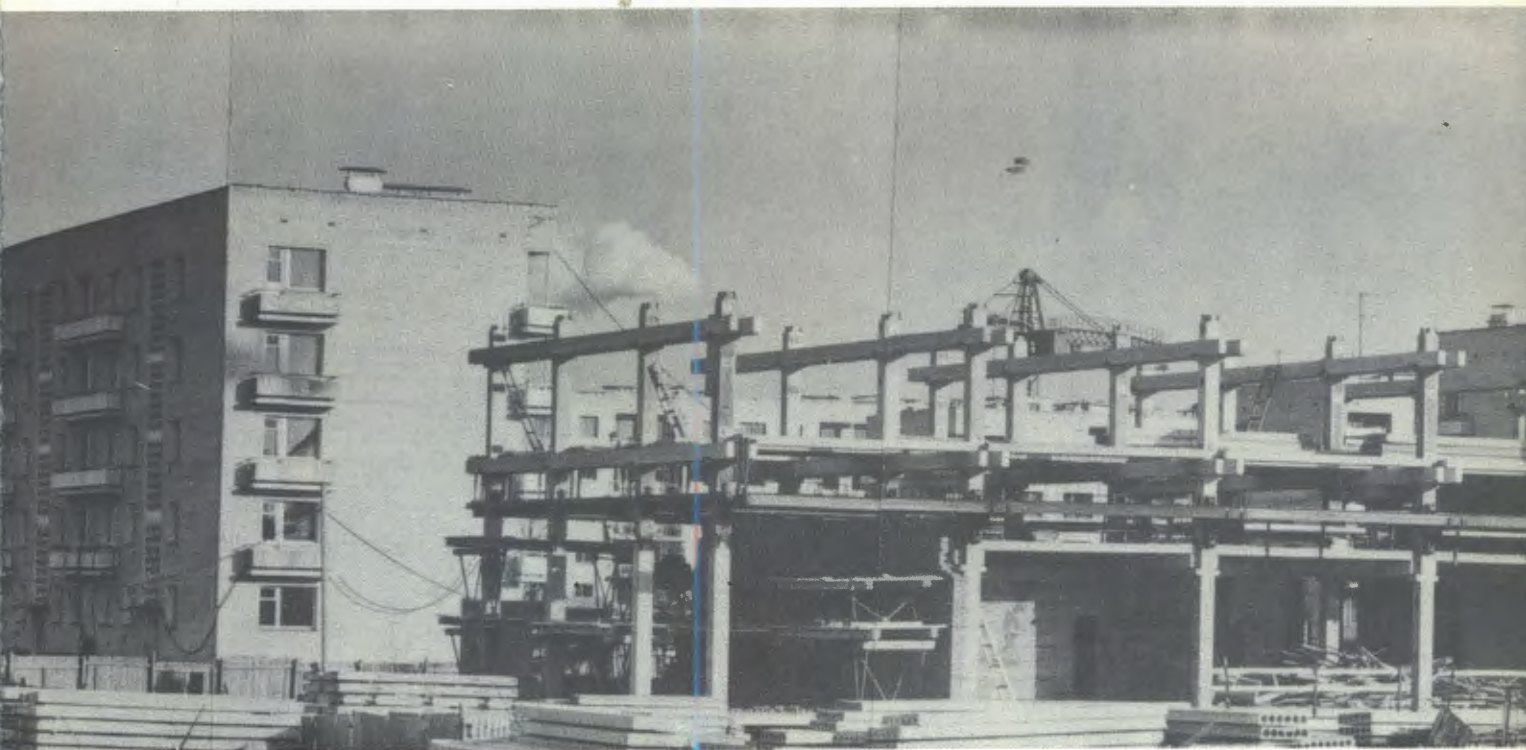
### Капитальное строительство

Затраты на капитальное строительство научно-исследовательских и других объектов в 1972 году планировались в сумме 11892 тыс. рублей. Выполнение годового плана по отдельным статьям капитального строительства отражено в таблице.

Структура капитальных вложений	Годовой план	Фактическое выполнение	% выполнения
	/в тыс. руб./		
Всего капитальных вложений:	11892	12571	105,7
В том числе:			
1. Строительные и монтажные работы	5405	4656	86,1
2. Оборудование, инструмент, инвентарь	5946	7308	122,9
3. Прочие затраты	541	607	112,1

Введено в действие основных фондов на сумму 9255 тыс. руб.





*Новостройки Дубны.*





### Производственная деятельность

В составе Объединенного института находятся специализированные производственные подразделения: экспериментальные мастерские /опытный завод/, транспортный отдел, ремонтно-строительный участок, отдел главного энергетика и другие, они обслуживают лаборатории института. Излишняя продукция и услуги реализуются сторонним организациям. Деятельность производственных подразделений в 1972 году характеризуется основными показателями, приведенными в таблице.

Показатели	Годовой план	Фактическое выполнение	Ф% выполнения
1	2	3	4
1. Объем готовой продукции, выполненных работ и оказанных услуг в тыс.руб.	7267	7461	102,7
2. Результаты финансовой деятельности /прибыль/ в тыс.руб.	627	1054	
в % к объему	8,6	14,1	
3. Затраты на 1 рубль реализованной продукции в копейках	91,4	85,9	

1	2	3	4
4. Численность работающих	1693	1614	

### Охрана труда, техника безопасности и производственная санитария

В 1972 году между дирекцией и профсоюзным комитетом института были заключены соглашения о проведении мероприятий по охране труда, технике безопасности и производственной санитарии, которые выполнены в установленные сроки. При этом израсходовано 69100 рублей, в том числе:

- на предупреждение несчастных случаев - 30560 руб;
- на предупреждение заболеваний на производстве - 15000 руб;
- на общее улучшение условий труда - 23540 руб.

В институте был организован и проведен общественный смотр культуры производства. В период его проведения от сотрудников института поступило 778 предложений, из них 327 были реализованы в ходе смотра.