

1000

А
У
Б
И
А

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Финансовая Комитет
полномочных представителей

По одному представителю от каждой страны-
участницы ОИЯИ

КОМИТЕТ ПОЛНОМОЧНЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ

Профессор П. Пилла (Народная Республика Албания)
 Академик Г. Налжаков (Народная Республика Болгария)
 Профессор А. Кони (Венгерская Народная Республика)
 Профессор Ле Ван Тхэм (Демократическая Республика Вьетнам)
 Доктор Ф. Гильберт (Германская Демократическая Республика)
 Тон Ги Дек (Корейская Народно-Демократическая Республика)
 Профессор Н. Солном (Монгольская Народная Республика)

В. Бидлич (Польская Народная Республика)
 Академик Х. Хулубей (Социалистическая Республика Румыния)
 А. М. Петросьянц (Союз Советских Социалистических Республик)
 Академик Я. Коженшик (Чехословацкая Социалистическая Республика)

Ученый Совет Объединенного института ядерных исследований

Председатель академик Н. И. Боголюбов
 профессор И. Улегла
 профессор А. Хрынкевич
 Ученый секретарь Р. М. Лебедев

Народная Республика Албания	Народная Республика Болгария	Венгерская Народная Республика	Демократическая Республика Вьетнам	Германская Демократическая Республика	Корейская Народно-Демократическая Республика	Монгольская Народная Республика	Польская Народная Республика	Социалистическая Республика Румыния	Союз Советских Социалистических Республик	Чехословацкая Социалистическая Республика
профессор П. Пилла	академик Г. Налжаков профессор Э. Джаков	академик Л. Яноши профессор Л. Пал профессор А. Кони	профессор Ле Ван Тхэм	профессор Г. Поэе профессор К. Лангаус К. А. Алексансдор	Тон Ги Дек Пак Гван О	профессор Н. Солном	академик Л. Ицифелд академик Г. Невольничанский М. Давыш	академик Х. Хулубей академик Ш. Шапояка профессор В. Новяку	академик И. Е. Тамм Академик В. И. Векслер профессор В. П. Дзюлов	профессор В. Петричка В. Шваб Л. Трлфай

Ученый совет
по физике высоких энергий
Председатель - профессор И. Улегла
Уч. секретарь - доктор ф-м наук А. И. Мулин

Ученый совет
по физике низких энергий
Председатель - профессор А. Хрынкевич
Ученый секретарь - В. А. Карнаузов

Камерный комитет
Председатель - доктор К. Гроте

Эмульсионный комитет
Председатель -
доктор ф.-м. наук Г. Б. Жданов

Комитет по нейтронной физике
Председатель - профессор Л. Пал

Комитет по ядерной физике
Председатель - А. Хрынкевич

Экз. чит. зала

РО - 3410

СЭИ
0-299

О Т Ч Е Т

о деятельности

Объединенного института

ядерных исследований

в 1966 году

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

ДУБНА 1967

с. ф. 2066

Цели и задачи ОИЯИ	4
Лаборатории и основные установки	5
В в е д е н и е	6
I. План ОИЯИ на 1966 год	15
II. Научно-исследовательские работы, выполненные лабораториями ОИЯИ в 1966 году	21
Лаборатория высоких энергий	25
Лаборатория ядерных проблем	51
Лаборатория ядерных реакций	67
Лаборатория нейтронной физики	97
Лаборатория теоретической физики	119
Лаборатория вычислительной техники и автоматизации	129
III. Работа основных установок и создание экспериментальной аппа- ратуры в 1966 году	139
Лаборатория высоких энергий	141
Лаборатория ядерных проблем	155
Лаборатория ядерных реакций	177
Лаборатория нейтронной физики	183
IV. Сессии Ученого совета и Комитета полномочных представителей .	191
V. Премии ОИЯИ за 1965 год	193
VI. Международные связи и научное сотрудничество	195
VII. Издательский отдел	211
VIII. Научно-техническая библиотека	215
IX. Изобретательство и рационализация	216
X. Административно-хозяйственная деятельность	217

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 теоретических и экспериментальных исследованиях;

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

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

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

Устав ОИЯИ, глава VII

ЛАБОРАТОРИИ И ОСНОВНЫЕ УСТАНОВКИ ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лаборатория высоких энергий

Синхрофазотрон для ускорения протонов до энергии 10 Гэв

Лаборатория ядерных проблем

Синхроциклотрон для ускорения протонов до энергии 680 Мэв

Лаборатория ядерных реакций

Циклотроны для ускорения многозарядных ионов

Лаборатория нейтронной физики

Импульсный реактор на быстрых нейтронах

Лаборатория теоретической физики

Лаборатория вычислительной техники и автоматизации

5 электронно-вычислительных машин



Рис. 1. В 1966 году исполнилось 10 лет со дня организации Объединенного института ядерных исследований. Этому юбилею было посвящено торжественное заседание Комитета полномочных представителей правительств государств-членов ОИЯИ.

Введение

В 1966 году деятельность Института развивалась в соответствии с планами, утвержденными Ученым советом и Комитетом полномочных представителей.

На синхроциклотроне Лаборатории ядерных проблем наиболее важные результаты получены в систематических исследованиях взаимодействия нуклонов с нуклонами. В 1966 году проводились измерения корреляции поляризаций во взаимодействиях поляризованных протонов. В этой области энергий измерения проведены впервые, полученные данные поэтому являются уникальными. В результате этих исследований сделаны важные заключения о ядерных силах. Установлено, что в рассеянии протонов на протонах в этой области энергий главную роль играют спин-орбитальные силы и комбинация центральных и тензорных сил. Более того, благодаря глубокому анализу данных в широком интервале энергий (66–630) Мэв удалось выяснить структуру амплитуды рассеяния, являющейся основной характеристикой интенсивности ядерных сил.

Продолжались работы по фазовому анализу рассеяния нуклонов на нуклонах и исследования процессов рождения мезонов в нейтрон-протонных столкновениях.

В результате кропотливого исследования захвата отрицательных пионов ядрами углерода и кислорода в фотоэмульсии было найдено прямое доказательство образования нового ядра гелия-8, существование которого было предсказано еще в 1960 году советскими физиками. Ядро гелия-8 было зарегистрировано по наблюдению хорошо известных молоткообразных следов, возникающих в месте захвата пионов ядрами.

Новые интересные данные были получены также в исследованиях слабых электромагнитных процессов и мю-мезомолекулярных переходов.

Работы в области ядерной спектроскопии и радиохимии выполняются по согласованной программе группами Будапешта, Дебрецена, Кракова, Варшавы, Люблина, Дрездена, Праги, Бухареста, Софии, Москвы, Ленинграда, Ташкента, Алма-Аты и др. Благодаря существенному улучшению оснащения лаборатории основным и вспомогательным оборудованием, в 1966 году в страны - участницы ОИЯИ было отправлено 80 посылок - контейнеров с различными радиоактивными препаратами повышенной активности.

В истекшем году была открыта тонкая структура в спектре альфа-частиц при распаде диспрозия и гадолиния. Среди короткоживущих изотопов ядер рения, олова и ртути было открыто также девять новых изотопов с малыми временами жизни.

В Лаборатории ядерных реакций завершены исследования радиоактивных свойств целого ряда изотопов эйнштейния, фермия и элемента 102. Если в исследованиях свойств изотопов фермия наблюдается хорошее согласие данных, полученных в ОИЯИ, с результатами, полученными в Беркли (США), то данные ЛЯР по изотопам элемента 102 находились в противоречии с теоретическими оценками, основанными на данных по изотопу 102^{254} , синтезированному в Беркли. В Дубне в 1964-65 г.г. было установлено, что свойства изотопа 102^{254} сильно отличаются от свойств, указанных Калифорнийской группой. В 1966 году были проведены опыты по более детальному исследованию этого изотопа 102-го элемента, включая спонтанное деление. Установлено, что время его жизни не 3, а 70 сек, а на долю спонтанного деления приходится не 30%, а всего 0,06%. В лаборатории тщательно были исследованы свойства и других изотопов 102-го элемента. В результате этих сложных исследований стало ясно, что ни один из изотопов 102-го элемента, от 102^{252} до 102^{256} , по-видимому, не обладает свойствами долгоживущей активности.

В 1966 году впервые изучались химические свойства курчатовия (104-й элемент), а также продолжались исследования по химии 102-го элемента. Получены новые данные, необходимые для решения вопроса о строении седьмого периода системы Менделеева.

В истекшем году был обнаружен ряд новых делящихся изомеров. Это, по-видимому, изомеры калифорния-246, америция-234 и америция-232. При изучении

свойств других изомеров особое внимание уделялось распределению энергии и спина на уровнях изомеров, работы велись в сотрудничестве с Институтом атомной физики в Бухаресте.

Продолжались исследования свойств протонных излучателей и механизма взаимодействия тяжелых ионов с ядрами, включая явление двойного и тройного деления тяжелых ядер. Были получены новые интересные результаты.

Большой комплекс работ выполнен по ядерной спектроскопии в реакциях с образованием кулоновски возбужденных состояний и нейтронодефицитных ядер. В результате этих исследований были сделаны новые выводы о природе кулоновски возбужденных состояний и обнаружены новые нейтронодефицитные изомеры и изучены их свойства.

Истекший год был для Лаборатории высоких энергий годом завершения ряда очень важных исследований. Здесь закончены опыты по упругому рассеянию отрицательных пионов протонами на малые углы. Экспериментальные данные о вещественной части амплитуды упругого рассеяния отрицательных пионов протонами, определенные из интерференции рассеяния на ядерном и кулоновском полях, оказались хорошо согласующимися с расчетами, выполненными в Лаборатории теоретической физики на основе дисперсионных соотношений. В области энергий от 2 до 7 Гэв эти данные являются единственными.

Уникальные результаты по рассеянию протонов на дейтерии получены в большой совместной работе групп ЛВЭ и физиков МНР, БНР, ЧССР и ДРВ. Здесь набрана огромная статистика (300000 случаев упругого рассеяния), позволившая для трех значений энергии (2; 4; 10 Гэв) получить надежные результаты. По результатам рассеяния протонов на дейтронах оценена амплитуда рассеяния протона на нейтроне. Экспериментальные данные не противоречат дисперсионным соотношениям.

С помощью сложной электронной установки, включающей несколько искровых камер, при изучении рассеяния назад положительно заряженных пионов с импульсом выше 2 Гэв/с впервые была измерена зависимость вероятности этого процесса от энергии падающих частиц и найдена структура в виде двух максимумов, которые соответствуют образованию двух барионных резонансов:

$\Delta(2420)$ и $\Delta(2840)$. Обнаружение этих резонансов позволило определить их четность, которая оказалась положительной.

Среди многих исследований радиационных распадов резонансов, не имеющих электрического заряда, которые выполнены в лаборатории методами электроники

и с помощью ксеноновой и пропановой пузырьковых камер, следует отметить доказательство прямыми измерениями распадов эта-мезона на 2 гамма-кванта, измерение вероятности распада омега-мезона на позитрон и электрон.

Изучение редких видов распадов нестабильных нейтральных мезонов дало новые подтверждения справедливости одного из видов симметрии элементарных частиц - CP-инвариантности и установило ряд новых факторов. В частности, впервые из экспериментальных данных оценен с достоверностью 95% электромагнитный размер K^0 -мезона, оказавшийся меньше чем 2,6 ферми.

На пучках импульсного реактора Лаборатории нейтронной физики выполнены исследования с поляризованными мишенями с использованием разработанного в лаборатории метода поляризации нейтронов пропусканием через поляризованную протонную мишень. Повышение поляризации пучка нейтронов до 70% и улучшение разрешающей способности нейтронного спектрометра по времени пролета позволило определить слины около десятка нейтронных резонансов гольмия-165 в области энергий нейтронов 50 + 150 эв. Эксперименты по рассеянию поляризованных нейтронов на поляризованных дейтронах дали возможность выбрать правильный вариант описания процесса рассеяния. Этот результат существенен для разгадки ядерной проблемы трех тел и является уникальным.

Впервые проведены исследования трудно наблюдаемой реакции на резонансных нейтронах. Это новое явление - распад резонансных состояний - открывает интересные возможности изучения атомных ядер. К настоящему времени проведены измерения вероятности такой реакции для естественной смеси изотопов самария и неодима, а также для разделенных изотопов неодима-143 и неодима-145. Получены значения альфа-ширин более двадцати резонансов.

Исследования угловых распределений упругого рассеяния нейтронов на малые углы на ядрах выполнены в неизученной области энергий 0,1 + 25 кэв. Наиболее тщательно были проведены измерения на свинце. Основной целью этих измерений был поиск дальнедействующих сил взаимодействия между нейтроном и ядром и, прежде всего, вклада электромагнитного взаимодействия, обусловленного электрической поляризуемостью нейтрона. Совместный анализ результатов этих измерений и американских данных для области более высоких энергий позволил существенно улучшить оценку коэффициента поляризуемости нейтрона.

Продолжались исследования конденсированных сред ядерными методами.

На электростатическом генераторе впервые измерена поляризация протонов в реакции $C^{12} + He^3 \rightarrow N^{14} + p$.

Одним из основных направлений работ теоретиков Института является изучение свойств симметрии элементарных частиц. Важные результаты были получены в исследованиях по релятивистскому обобщению групп $SU(3)$ и $SU(6)$. После успеха использования нерелятивистских групп $SU(3)$ и $SU(6)$ большое внимание уделяется релятивистскому обобщению этих групп. Была разработана новая техника построения унитарных представлений некомпактных групп и раскрыты случаи, в которых теория симметрии не противоречит основным представлениям теории квантованных полей. Из теории симметрии выведен целый ряд следствий, нуждающихся в экспериментальной проверке.

Ряд интересных результатов по изучению сильных взаимодействий дало объединение группы $SU(6)$ с дисперсионными соотношениями. Разработан метод дисперсионных правил сумм, в котором на основе строго доказанных дисперсионных соотношений при определенных условиях получены дисперсионные правила сумм для процессов рассеяния и фоторождения мезонов на барионах и т.д. На основе этих дисперсионных правил сумм удалось сделать расчёты, хорошо согласующиеся с экспериментом.

Продолжались исследования по применению кварковых моделей для описания различных физических процессов. Разработана модель кварков, обладающих собственным мезонным полем. Объяснен и предсказан ряд экспериментально наблюдаемых эффектов электромагнитного взаимодействия.

Рассматривались возможные применения поляризованной протонной мишени в физике высоких энергий. Предложен общий метод определения спинов и чётностей нестабильных частиц и резонансов, основанный на изучении поляризационных характеристик. Этот метод применим к любой реакции и, в частности, может быть использован для определения спина и чётности омега-минус-гиперона.

Весьма интересными являются исследования по рассеянию частиц на большие углы. Используя квазипотенциальный метод, теоретики показали, что, исходя из комплексного потенциала, можно дать теоретическое объяснение асимптотическому спаду эффективного сечения рассеяния при больших передачах.

В изучении фундаментальных вопросов теории элементарных частиц большой интерес представляют исследования возможностей выхода за рамки современной квантовой теории поля. Здесь было исследовано условие макропричинности для матрицы рассеяния и дан пример матрицы, удовлетворяющей условиям макропричинности.

Весьма интересные исследования были проведены по изучению нелинейных уравнений. Решена задача рассеяния двух плоских волн.

Еще одно научное направление – изучение связи теории элементарных частиц с теорией гравитации. В Лаборатории теоретической физики выдвинута гипотеза об элементарных частицах предельно больших масс – максимонах. Исследованы возможности построения моделей частиц в общей теории относительности с участием электромагнитных и скалярных мезонных полей, обладающих конечной полной энергией.

На основе разработанной ранее в ЛТФ теории деформированных сложных ядер проведено значительное количество расчетов, тесно связанных с исследованиями, проводимыми в ОИЯИ в области низких энергий (ЛНФ, ЛЯР, отдел ядерной спектроскопии). Хорошо объяснен целый ряд наблюдавшихся на опыте характеристик сложных ядер и закономерностей и сделаны новые предсказания. В ходе этих работ теория получила дальнейшее развитие.

Выполнены теоретические расчеты по описанию закономерностей, наблюдавшихся в ядерных реакциях при взаимодействиях электронов, нейтронов и ядер с ядрами, имеющие большое прикладное значение.

Значительное место в деятельности Института занимали работы по развитию его вычислительной базы и созданию новой экспериментальной аппаратуры.

В соответствии с решениями XIX сессии Ученого совета и решениями Комитета полномочных представителей создана новая Лаборатория вычислительной техники и автоматизации измерений. Эта лаборатория создана на базе Вычислительного центра ОИЯИ и частично отделов новых разработок и отделов измерений ЛВЭ и ЛЯП; в ней концентрируются все разработки, связанные с вычислительной техникой и автоматизацией обработки экспериментальных данных. В состав лаборатории входит 7 отделов: базовых вычислительных машин, измерительных центров лабораторий, автоматизации, обработки filmовой информации, математической обработки экспериментальных данных, вычислительной математики, производственно-технической и обслуживания.

В ЛВТА, а до ее создания - в Вычислительном центре и соответствующих отделах лабораторий, в 1966 году проводились интенсивные работы по дальнейшему совершенствованию существующей базы. Осуществлялась связь полуавтоматов с вычислительными машинами, создавались системы для экспериментов на линии с вычислительными машинами и разрабатывались программы, велась подготовка к переходу на уникальный машинный язык ФОРТРАН. Были выполнены работы по связи с измерительными центрами лабораторий и многие другие.

В Институте проводилось усовершенствование действующих ускорителей и создавалась новая экспериментальная аппаратура.

Средняя интенсивность пучка синхрофазотрона повышена в 1,5 раза. Проведен ряд исследований по улучшению условий экспериментов на синхроциклотроне в результате усовершенствования систем ускорения и вывода пучка. Завершено строительство кабин для физической аппаратуры на выведенных пучках циклотрона У-300 и выполнены работы по ускорению ионов криптона. На циклотроне У-150 был ускорен дейтерий. Осуществлена модернизация ряда узлов электростатического генератора.

На пучках синхрофазотрона проведено несколько пусков двухметровой пропановой и метровой водородной камер. Для методических целей на этих камерах получено по несколько тысяч фотографий. В плане 1967 года предусмотрен набор рабочих фотографий на этих камерах и развитие сотрудничества в обработке их с лабораториями стран-участниц Института.

Значительные успехи достигнуты в освоении методики современных искровых и стримерных камер. Комплекс искровых камер с магнитоотрицательным съемом информации подготовлен и отлажен на пучке синхрофазотрона. Создана и испытана на пучке установка с проволочными искровыми камерами с ферритовой памятью, работающая на линии с вычислительной машиной. Закончено изготовление и проведены испытания установки со стримерной камерой в магнитном поле, предназначенной для регистрации многочастичных распадов K^0 -мезонов. Другая стримерная камера настраивается на пучках синхроциклотрона. Здесь удалось впервые создать режим с гелиевым наполнением, позволяющий получить тонкие яркие следы частиц.

В сотрудничестве с Физическим институтом БАН завершена разработка время-пролетного спектрометра для высокоэнергетических нейтронов с высоким временным разрешением.

В заключение отметим, что одним из важных направлений деятельности Института продолжает оставаться подготовка к исследованиям на строящемся 70-Гэвном ускорителе в Серпухове. Ряд экспериментов, предложенных Объединенным институтом, решением Научно-координационного совета ИФВЭ включен в план исследований на этом ускорителе.

Н.БОГОЛЮБОВ,
директор Объединенного института
ядерных исследований

■ I. ПЛАН

ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА

ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

НА 1966 ГОД

Научно-исследовательская, методическая и научно-организационная деятельность Объединенного института ядерных исследований в 1966 году проводилась в соответствии с планами, утвержденными Ученым советом ОИЯИ на его XIX сессии:

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

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

Л а б о р а т о р и я в ы с о к и х э н е р г и я х

1. Исследования упругих взаимодействий частиц больших энергий.
2. Исследования радиационных эффектов в распадах резонансов.
3. Исследования редких типов распадов К-мезонов.
4. Получение экспериментальных материалов на 2-метровой пропановой и 1-метровой водородной пузырьковых камерах.
5. Подготовка к проведению исследований на 70-Гэвном ускорителе в ИФВЭ (Серпухов).
6. Разработка систем автоматизации обработки экспериментальных данных с пузырьковых и искровых камер; внедрение в практику исследовательских работ аппаратуры, работающей на линии с электронными вычислительными машинами.
7. Создание измерительного центра лаборатории.
8. Продолжение работ по усовершенствованию синхрофазотрона.

Лаборатория ядерных проблем

1. Эксперименты по проверке сохранения С -, Т -, и Р-чётности в сильных и электромагнитных взаимодействиях.
2. Исследования поляризационных явлений в упругих и неупругих соударениях нуклонов.
3. Подготовка к опытам по изучению захвата мюонов в газообразном водороде.
4. Изучение альфа - и бета-распада ядер.
5. Работы по созданию в лаборатории измерительного центра и приборов автоматизации измерений и обработки.
6. Разработка рабочего проекта ускорителя РЦ .
7. Работы по проектам многометровой жидководородной камеры и шестиметрового магнитного спектрометра.
8. Работы по созданию масс-сепаратора для разделения радиоактивных изотопов.
9. Оснащение отдела ядерной спектроскопии электронной аппаратурой для исследований с германиевыми детекторами.

Лаборатория ядерных реакций

1. Синтез и дальнейшее изучение свойств изотопов трансурановых элементов (альфа-распад, спонтанное деление новых изотопов, спонтанно делящиеся изомеры, химические свойства элементов и т.п.).
2. Изучение свойств нейтронодефицитных ядер (протонные излучатели, альфа-излучатели и т.д.).
3. Исследование механизма взаимодействия сложных ядер.
4. Исследования в области ядерной спектроскопии.
5. Разработка метода ускорения ионов тяжелее аргона.
6. Разработка физического обоснования и технического задания на осуществление проекта реконструкции циклотрона У-300 в У-500.
7. Продолжение разработки инжектора многозарядных ионов циклотрона У-300.
8. Ввод в нормальную эксплуатацию системы выведенного пучка циклотрона У-300.

9. Установка масс-сепаратора на внешнем пучке ускорителя.

10. Наладка связи измерительного центра лаборатории с ВЦ.

11. Окончание строительных и монтажных работ по созданию разделительной установки.

Лаборатория нейтронной физики

1. Изучение нейтронных резонансов с использованием методов повышенного разрешения (микротрон, германиевые детекторы гамма-лучей), а также поляризованных нейтронов и поляризованных ядерных мишеней.

2. Исследование жидкостей и кристаллов методом рассеяния медленных нейтронов.

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



Рис. 2. В связи с 10-летием Объединенного института ядерных исследований состоялось торжественное заседание Ученого совета ОИЯИ. На заседании выступили директор Института Н.Н.Боголюбов, дипломатические представители стран-участниц, ученые из различных научных организаций, представители местных властей города Дубны и другие.

Лаборатория вычислительной техники
и автоматизации

1. Работы по переделке системы управления машины БЭСМ-3М с введением на ней прерывания, охраны памяти и т.д. Разработка математических алгоритмов работы машины на линии с группой полуавтоматов. Осуществление связи машины БЭСМ-3М и Минск-2 с группой полуавтоматов.

2. Освоение большой ЭВМ.

3. Работы по созданию комплекса обслуживающих программ для большой ЭВМ с использованием языка ФОРТРАН.

4. Работы по наладке машины „Минск-22“ в измерительном центре ЛЯП.

■ II. НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ
РАБОТЫ,
ВЫПОЛНЕННЫЕ
ЛАБОРАТОРИЯМИ ОИЯИ
В 1966 ГОДУ



ATOM AB MPA ATOM



Лаборатория

высоких

энергий

Основным содержанием деятельности Лаборатории высоких энергий в 1966 году были интенсивные совместные с лабораториями стран-участниц Института научные исследования на пучках частиц от синхрофазотрона с целью получения оригинальных научных результатов в традиционных для ЛВЭ областях физики элементарных частиц.

Исследование свойств амплитуды рассеяния элементарных частиц

1. πp -рассеяние в области малых углов изучено по протонам отдачи при импульсах 3,48 и 6,13 Гэв/с с помощью камеры Вильсона, работающей в специальном режиме. Измерения проведены в области передач импульсов, где $1,22 \cdot 10^{-3} \leq -t \leq 4,22 \cdot 10^{-3}$ Гэв/с (рис. 3). По эффекту

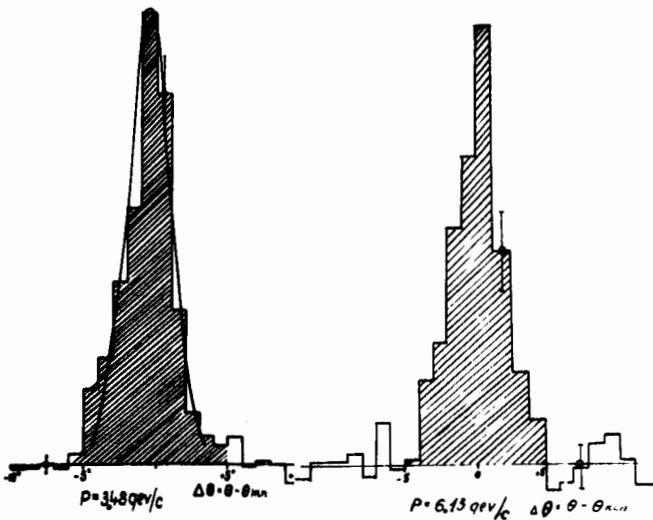


Рис. 3. Распределение протонов отдачи по отклонению от кинематики.

интерференции кулоновского и ядерного рассеяний была определена вещественная часть амплитуды упругого π^-p -рассеяния. Анализ по формуле Бете дает $a = \text{Re } A / \text{Im } A = -(0,18 \pm 0,06)$ при 3,48 Гэв/с и $a = -(0,22 \pm 0,11)$ при 6,13 Гэв/с. Экспериментальные данные согласуются с расчётами, выполненными В.С.Барашенковым, а также Г.Холером на основе дисперсионных соотношений (рис. 4).

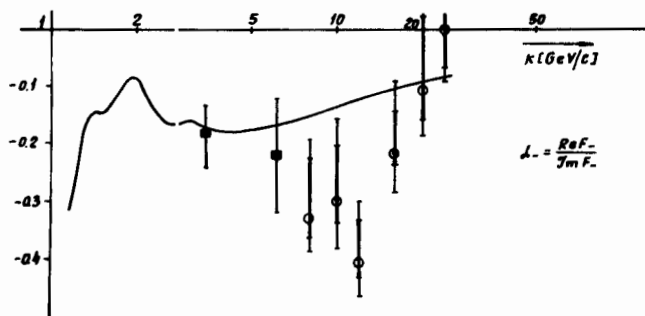


Рис. 4. Вещественная часть амплитуды упругого π^-p -рассеяния (●-данные ЛВЭ).

В диапазоне энергий 2–7 Гэв/с эти данные являются единственными в мировой литературе и имеют большое значение для понимания основных свойств пион-нуклонного взаимодействия в рамках теории дисперсионных соотношений.

Этим же методом проводятся измерения сечения рассеяния π^- -мезонов на гелии.

2. Закончено исследование упругого рассеяния протонов на дейтронах при энергии 2; 4; 10 Гэв. Одновременно проводилась обработка результатов, полученных в странах-участницах: БНР, ДРВ, МНР и ЧССР. В связи с большим потоком информации (всего набрано 300 тысяч случаев упругого рассеяния) была создана программа обработки спектров дейтронов отдачи на вычислительной машине. Рис. 5 представляет дифференциальное сечение упругого pd -рассеяния. Статистическая точность измерений 3–4%. Абсолютная точность измерений 7%. На рис. 6 приведены данные о реальной части ядерной амплитуды pd -рассеяния. Эти значения сравниваются с предсказаниями дисперсионных соотношений (вычисления Ю.С.Вернова). Была проведена также обработка данных с помощью модели Франко–Глаубера, в результате которой выявлена реальная часть амплитуды pa -рассеяния, показанная на рис. 7. Здесь же дано сравнение с вычислениями по дисперсионным соотношениям. Получена энергетическая зависимость формы дифракционного конуса: наклон b (показатель экспоненты) (рис. 8).

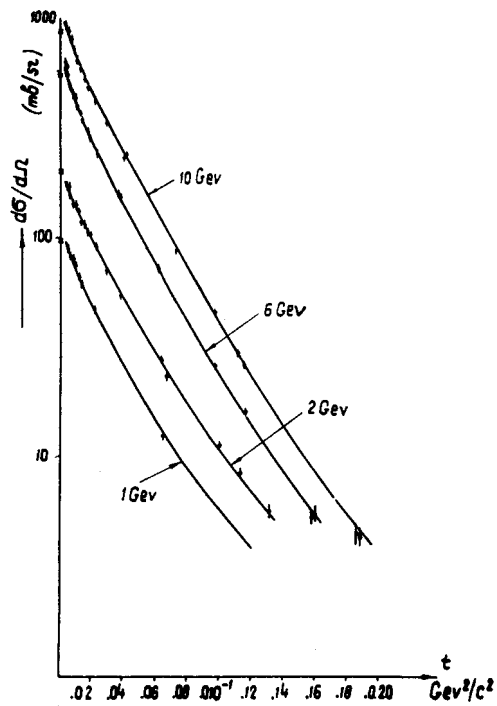


Рис. 5. Дифференциальное сечение pd -рассеяния.

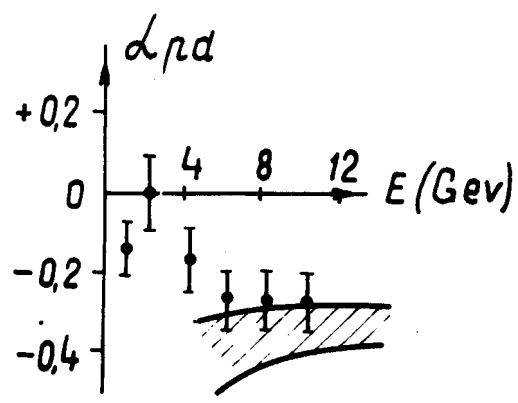


Рис. 6. Вещественная часть амплитуды pd -рассеяния на углы, близкие к 0° . Заштрихованная область соответствует коридору ошибок в вычислениях по дисперсионным соотношениям.

Рис. 7. Вещественная часть амплитуды pd -рассеяния вблизи 0° . Сплошная кривая - расчёты по дисперсионным соотношениям.

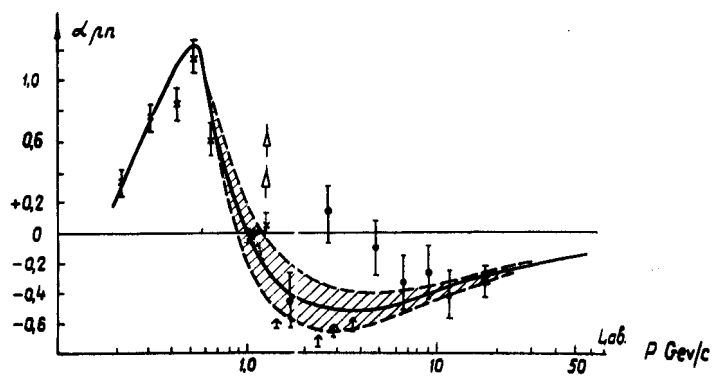
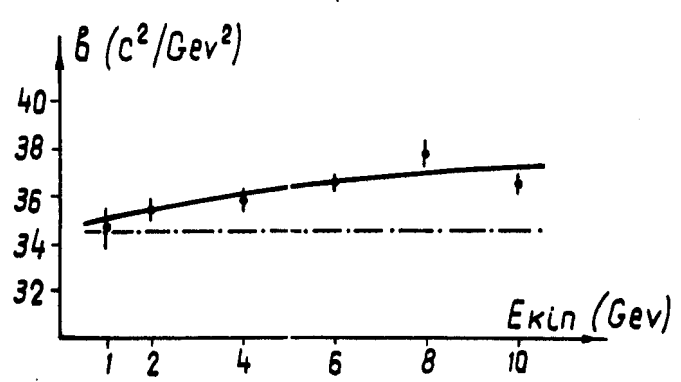


Рис. 8. Энергетическая зависимость формы (параметра наклона) дифракционного конуса pd -рассеяния.





Впервые на основе обработки этих данных показано, что дифракционный конус p^d -рассеяния сужается с ростом энергии. Реальная часть амплитуды p^d -рассеяния получена на основании измерения дифференциального сечения упругого рассеяния в кулоновской области углов.

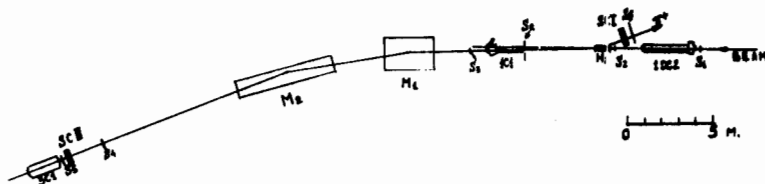
Отметим, что все работы по p^d -рассеянию уникальны. Других аналогичных измерений в этой области углов и энергий пока нет.

3. Д и ф ф е р е н ц и а л ь н ы е с е ч е н и я у п р у г о г о

π^+ -рассеяния назад ($\theta = 173 - 174^\circ$) были измерены при 13 значениях импульса π^+ -мезонов в интервале 2,06 - 4,70 Гэв/с. Схема установки приведена на рис. 10. Пучок положительных частиц с разбросом импульсов $\frac{\Delta p}{p} = \pm 1\%$, сформированный с помощью четырех квадрупольных линз и магнита, падал на жидководородную мишень длиной 50 см. Газовый дифференциальный черенковский счётчик выделял в этом пучке π^+ -мезоны. Протоны отдачи от упругого π^+ -рассеяния, вылетающие под углом $1,9^\circ$ к направлению пучка, попадали в магнитный спектрометр из двух сильнофокусирующих магнитов с общей длиной магнитной дорожки 4,5 м. Вблизи фокуса магнитного спектрометра помещалась искровая камера SCII, с помощью которой определялся импульс протонов отдачи. Два газовых пороговых черенковских счётчика, 1C1 и 3C1, служили для уменьшения фона π^+ -мезонов. Для этой же цели служил и счётчик S_R , в отверстие которого проходили протоны отдачи. Рассеявшийся назад π^+ -мезон детектировался спинтилляционным счётчиком S_7 и искровой камерой SCI. Искровые камеры запускались сигналом $S_1 + 1DC2 + S_2 + S_6 + S_3 + S_4 + S_5 - 1C1 - 3C1 - S_R$.

◀ Рис. 9. Магнитный спектрометр для изучения упругого π^+ -р-рассеяния назад. Физик-экспериментатор А.С.Вовенко проверяет правильность установки счётчика на пучке.

Рис. 10. Схема установки для измерения π^+ -рассеяния назад.



Всего было получено около 5000 фотографий, по которым с помощью ряда критериев надежно отделялись случаи упругого π^+p -рассеяния назад. Было

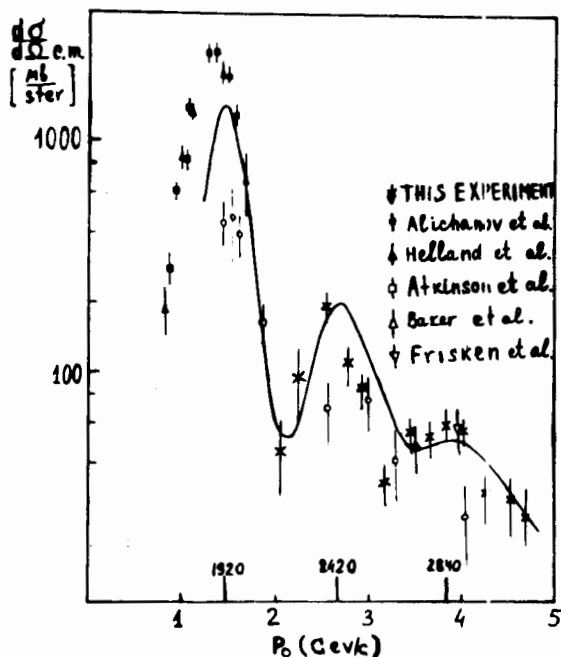


Рис. 11. Дифференциальное сечение π^+p -рассеяния назад.

найдено 372 таких события. После внесения ряда поправок были определены величины дифференциальных сечений, приведенные на рис. 11. Как видно из рисунка, в зависимости сечений от энергий имеются два чётких максимума при энергиях, соответствующих образованию барионных резонансов $\Delta(2420)$ и $\Delta(2840)$. Обнаружение этих максимумов дало возможность установить чётности этих резонансов. Они оказались положительными. Это позволяет нанести изобары $\Delta(2420)$ и $\Delta(2840)$ на одну прямую траекторию Редже, проходящую через изобары $\Delta(1238)$ и $\Delta(1924)$. Измерение энергетической зависимости дифференциальных сечений упругого π^+p -рассеяния назад в области импульсов выше 2 Гэв и установление структуры в этой зависимости произведено впервые.

4. Завершен эксперимент по изучению упругого π^-p -рассеяния на углы $\approx 180^\circ$ при импульсах первичных π^- -мезонов 4; 5; 6 и 7 Гэв/с. Работа была выполнена с помощью бесфиль-

мовых искровых камер. Схема эксперимента показана на рис. 126. Система запуска включала в себя 11 сцинтилляционных счётчиков и один пороговый черенковский счётчик. Импульсный спектрометр, использовавшийся для отделения эффекта от фона, включал в себя четыре проволочных искровых камеры и анализирующий магнит. Съём информации с этих камер производился с помощью ферритовых колец аналоговым способом. Для измерений угла рассеяния использовалась система из двух проволочных искровых камер со съёмом информации с помощью магнитострикционной линии. Информация со счётчиков, а также цифровая информация с искровых камер регистрировалась на 13-канальной пересчётной системе с выводом на цифрепечатающую установку.

Всего через установку было пропущено около $2 \cdot 10^8$ первичных π^- -мезо-

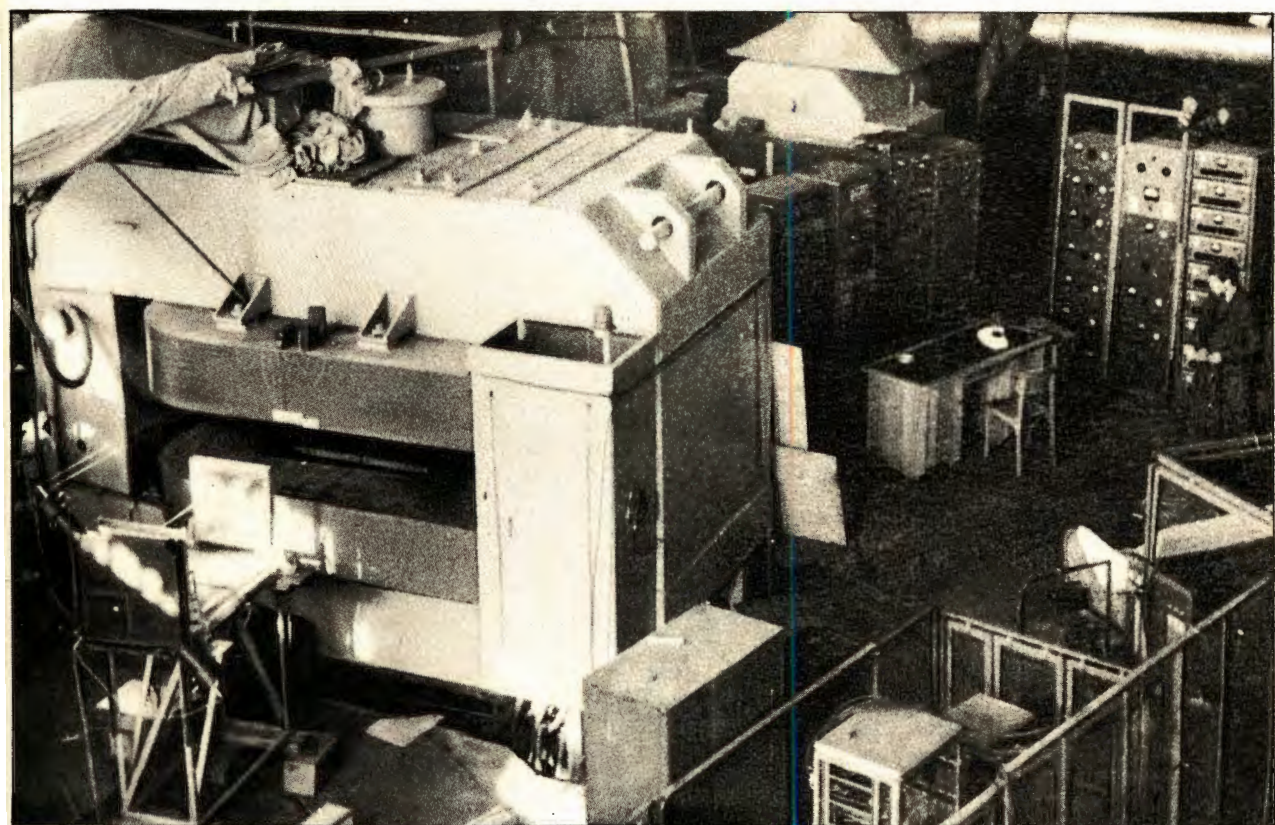


Рис. 12а. Магнитный спектрометр экспериментальной установки для исследования π^- -рассеяния назад.

нов. Тщательный анализ зарегистрированных событий и условий эксперимента показал, что систематические ошибки в найденных величинах дифференциальных сечений упругого π^-p -рассеяния на угол $\approx 180^\circ$ не превышают 10%. На рис. 13 приведены результаты в сравнении с данными, полученными в других лабораториях. Точка при импульсе 4,0 Гэв/с хорошо согласуется с результатами Аргоннской лаборатории (США). Исследования, выполненные в ЛВЭ при

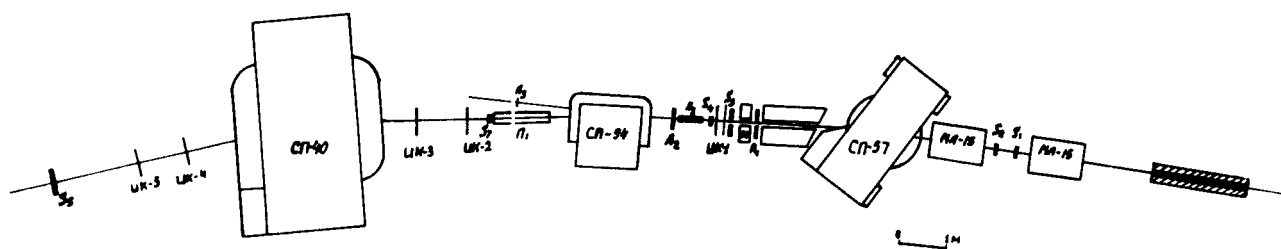


Рис. 12 б. Схема эксперимента для исследования π^-p -рассеяния назад.

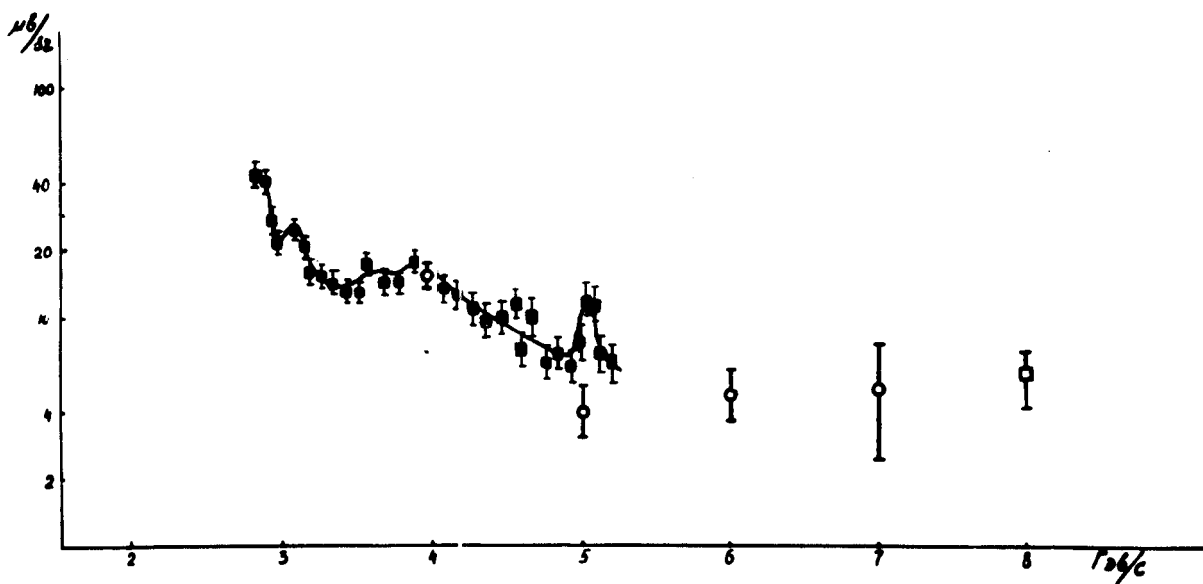


Рис. 13. Дифференциальное сечение π^-p -рассеяния назад.

5,0 Гэв/с, по-видимому, не подтверждают наличия узкого резонанса в π^-p -системе при импульсе 5,1 Гэв/с. Общий ход дифференциального сечения изучаемого процесса в зависимости от импульса первичного π^- -мезона, полученный в работе, согласуется с данными Брукхейвенской лаборатории (США) при импульсе 8 Гэв/с и, по-видимому, может быть описан в терминах модели полюсов Редже.

Исследование радиационных эффектов в распадах
резонансов

1. Сечения образования e^+e^- -пар в реакции х:

$$\pi + \omega, \quad \omega \rightarrow e^+e^-, \quad (1)$$

$$\pi^- + p \rightarrow \pi + \rho, \quad \rho \rightarrow e^+e^-, \quad (2)$$

$$\pi + \phi, \quad \phi \rightarrow e^+e^- \quad (3)$$

измерены с помощью запущенной за короткий срок двухканальной системы совместно работающих искровых камер и черенковских γ -спектрометров (рис. 14).

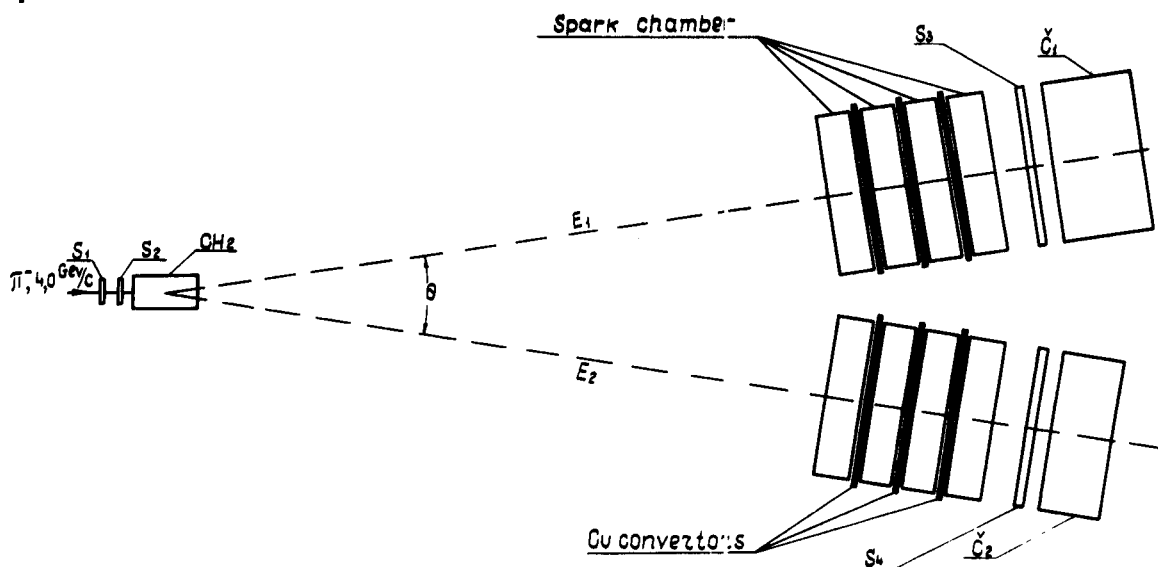
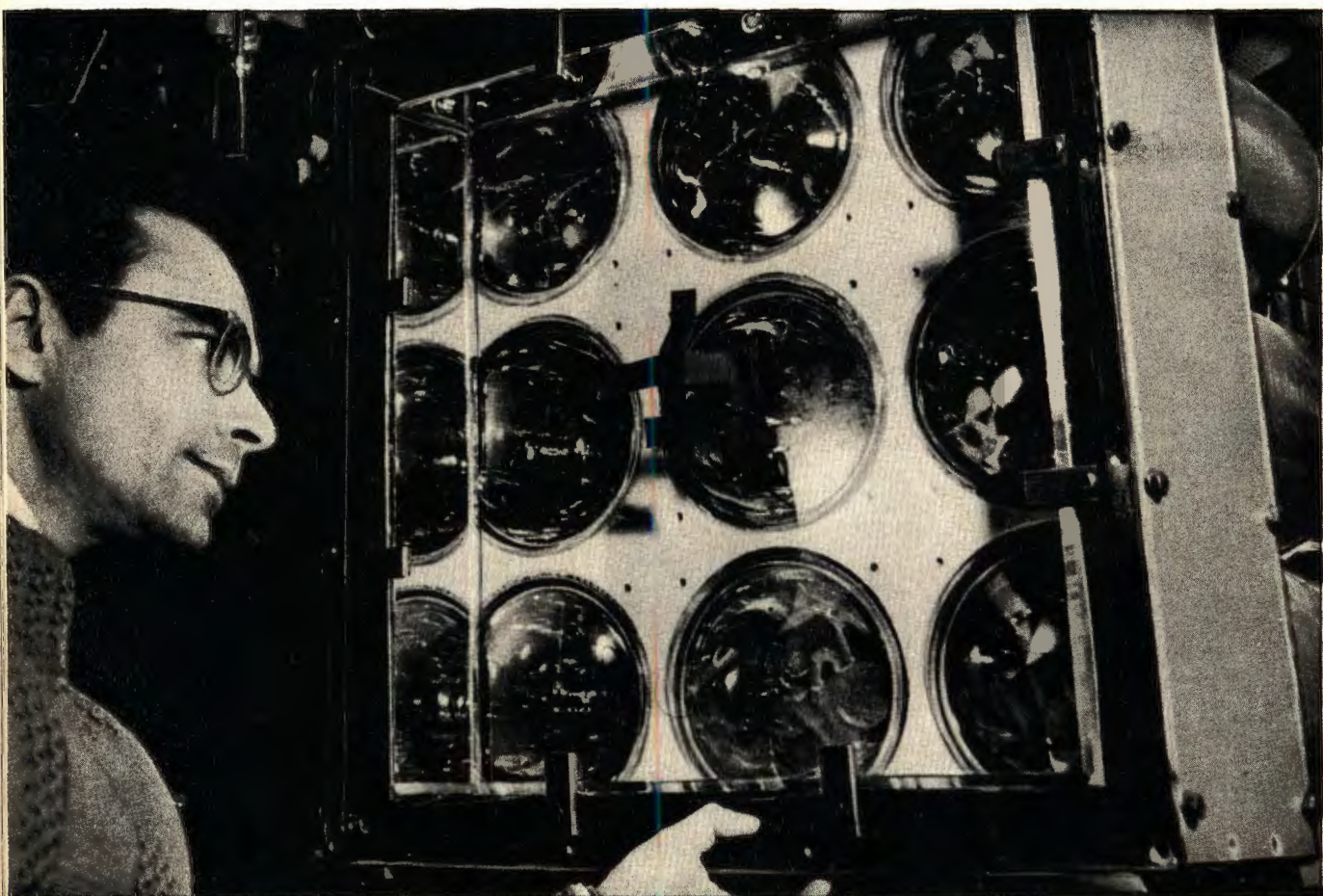
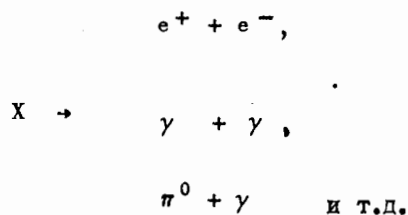


Рис. 14. Схематический чертеж установки, предназначенной для исследования лептонных распадов векторных мезонов. Установка представляет собой двухканальную систему совместно работающих искровых камер и черенковских гамма-спектрометров.

Рис. 15. Установка, состоящая из искровых камер и черенковских счётчиков полного поглощения, используется для изучения электромагнитных распадов. Система позволяет измерить угол и энергию частиц-продуктов распада и получать распределение по эффективным массам.
На снимке: руководитель группы М.Н.Хачатурян готовит черенковские счётчики к эксперименту.



Использованный метод давал возможность измерять как углы вылета частиц, так и их энергии, что позволяло не только находить угловые распределения, но и вычислять эффективную массу распадающейся частицы. Обеспечивалась высокая чувствительность аппаратуры к частицам ливневой природы. Кроме того, можно было одновременно исследовать процессы:



в широком диапазоне эффективных масс, что позволило измерить относительные вероятности распадов и более надежно оценить вклад фоновых событий.

В эксперименте мезоны генерировались отрицательными π^- -мезонами с импульсом 4,0 Гэв/с в водородной мишени длиной 50 см. Было получено около 20 000 фотографий, на которых отобрано 25 событий (рис. 16,17). Эти

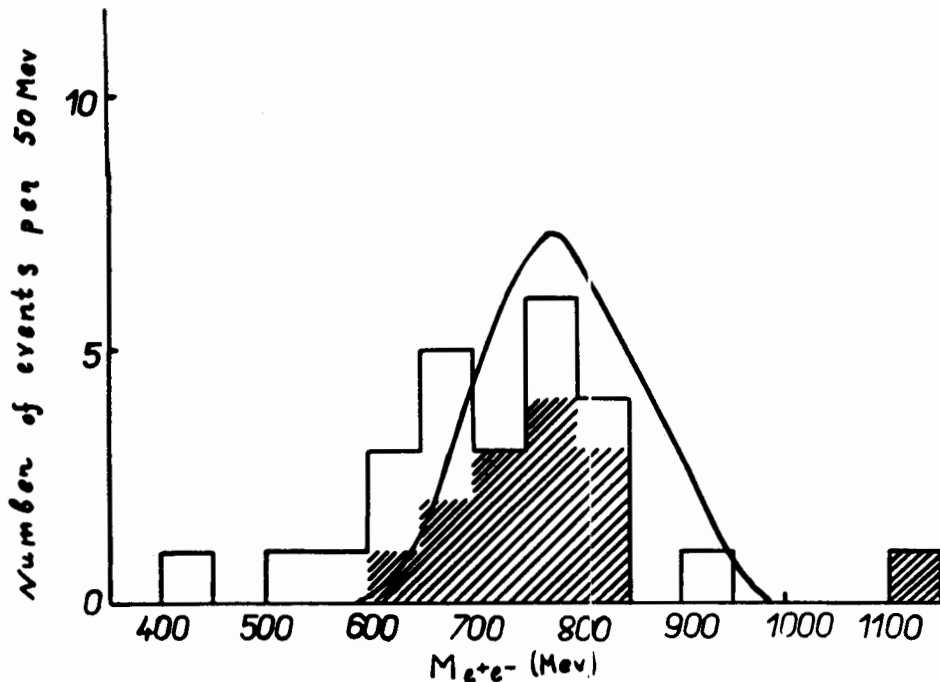


Рис. 16. Распределение по эффективным массам для e^+e^- -событий. События, идентифицированные как распады ρ^- , ω^- и ϕ -мезонов, на рисунке заштрихованы.

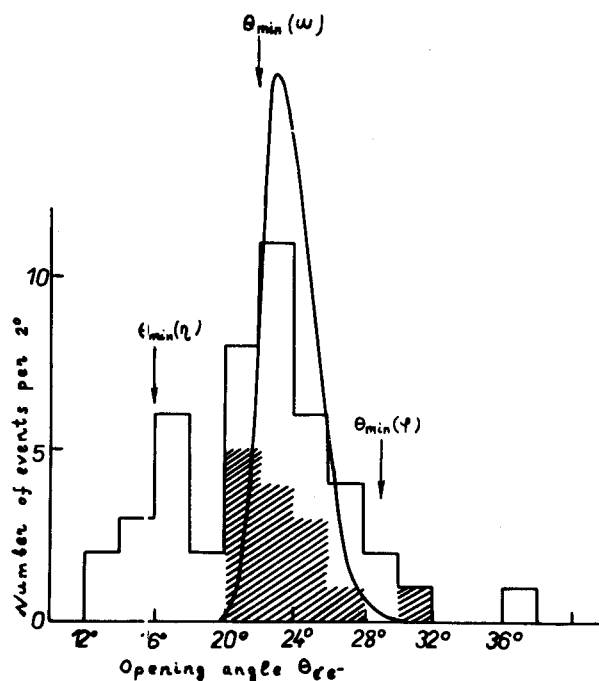


Рис. 17

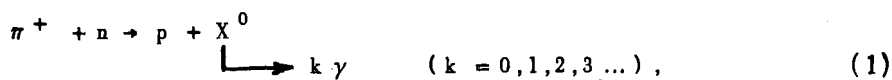
Угловое распределение для e^+e^- событий. Сплошная кривая представляет собой теоретическую кривую, рассчитанную методом Монте-Карло для распадов $\omega \rightarrow e^+e^-$. События, идентифицированные как распады ρ -, ω - и ϕ -мезонов, на рисунке заштрихованы.

события затем анализировались кинематически. В результате только 13 из них были идентифицированы как e^+e^- -распады ρ - ω -мезонов и одно событие - как распад $\phi \rightarrow e^+e^-$. Полученные данные позволяют определить парциальную ширину распадов (1) - (3). С учетом эффективности аппаратуры и сечений образования ρ -, ω - и ϕ -резонансов получаем:

$$\frac{\Gamma(\omega, \rho \rightarrow e^+e^-)}{\Gamma_{\text{полн.}}} = (1,2 \pm 0,4) \cdot 10^{-4} ; \quad \frac{\Gamma(\phi \rightarrow e^+e^-)}{\Gamma_{\text{полн.}}} \leq 0,7 \cdot 10^{-8} .$$

2. Исследования с помощью всеполюсной пузырьковой камеры, облученной сепарированным пучком π^- -мезонов с импульсом 2,34 Гэв/с. Работа ведется в сотрудничестве с лабораториями ВНР и ПНР.

При просмотре отбирались такие события, которые соответствовали квази-свободным взаимодействиям π^+ -мезона с нуклоном:



Просмотрено 270 000 из 360 000 фотографий. На них найдено 2500 событий типа (1) и 4000 событий типа (2).

На основании измерения 573 событий типа (1) с останавливающимся протоном получены следующие результаты. Отношение числа η^0 -мезонов, распадающихся на 2γ -кванта, к числу нейтральных пионов, образующихся в реакции (1), равно

$$R = \frac{N(\eta^0 \rightarrow 2\gamma)}{N(\pi^0)} = (12,1 \pm 4,0)\%$$

На рис. 18 дано распределение по эффективным массам $M_{\gamma\gamma}$, а на рис. 19 - распределение по углам разлета γ -квантов $\theta_{\gamma\gamma}$ (в лабораторной системе координат) случаев типа (1) с двумя γ -квантами.

В распределении $M_{k\gamma}$ анализировались случаи с $2\pi^0$ и $\pi^0\gamma\gamma$.

На рис. 20 приведены данные для событий с двумя π^0 , а на рис. 21 - для событий с $\pi^0\gamma\gamma$. Сплошная кривая на рис. 17 - кривая фазового объема для реакции типа $\pi^+ + n \rightarrow \pi^+ + \pi^0 + p$. Фоновая кривая рассчитана по методу Монте-Карло. В распределении имеются максимумы:

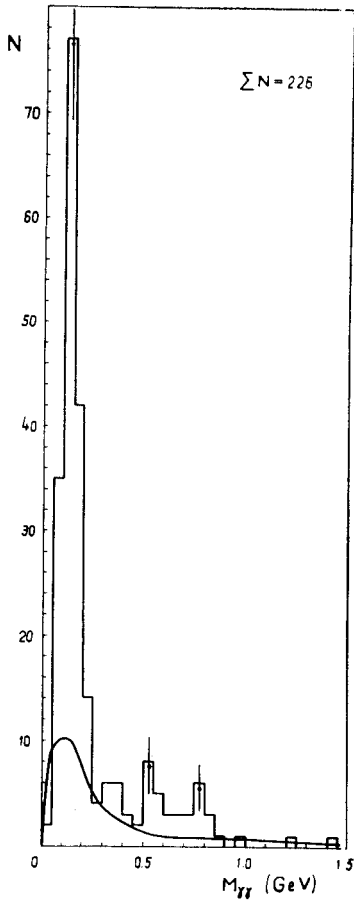


Рис. 18. Распределение эффективных масс $M_{\gamma\gamma}$ для событий типа $\pi^+ + p_{xe} \rightarrow r + \gamma + \gamma$.

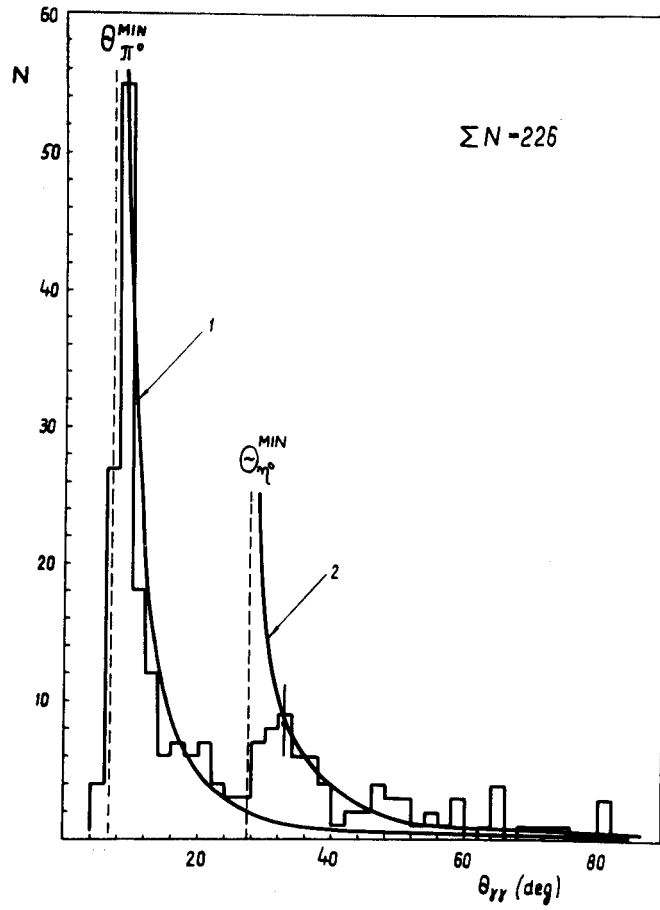


Рис. 19. Распределение событий типа $\pi^+ + p_{xe} \rightarrow r + \gamma + \gamma$ по углу $\theta_{\gamma\gamma}$.

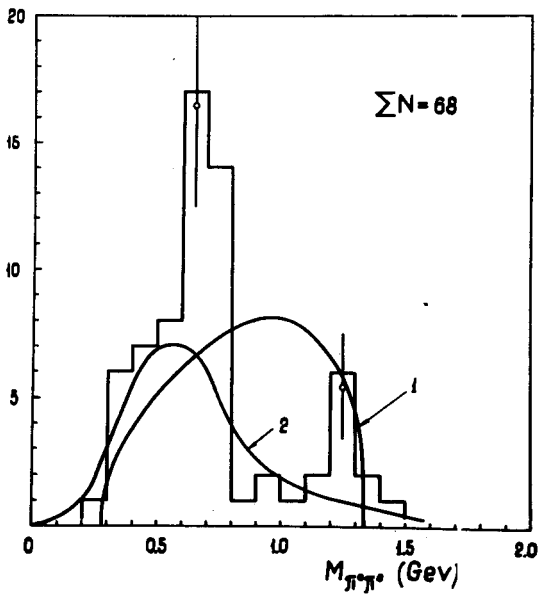


Рис. 20. Распределение эффективных масс $M_{\pi^0\pi^0}$ для событий типа $\pi^+ + p_{xe} \rightarrow r + \pi^0 + \pi^0$.

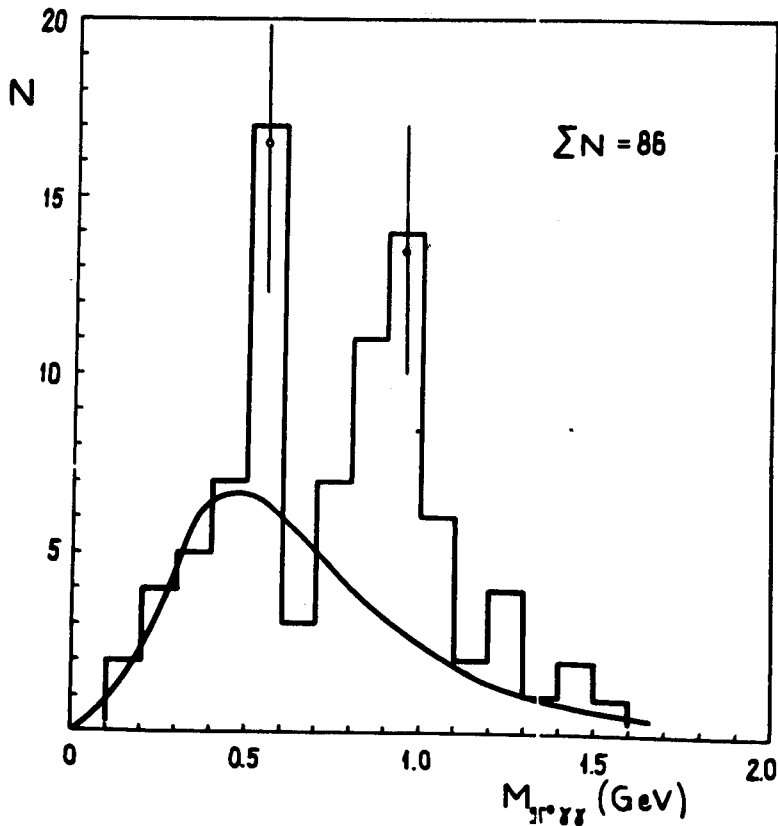


Рис. 21. Распределение эффективных масс $M_{\pi^0 \gamma \gamma}$ для событий типа $\pi^+ + p_{Xe} \rightarrow p + \pi^0 + \gamma \gamma$.

$$M_{\pi^0 \gamma \gamma} = 560 \pm 16 \text{ МэВ} \quad (12 \text{ случаев}),$$

$$M_{\pi^0 \gamma \gamma} = 945 \pm 24 \text{ МэВ} \quad (21 \text{ случай}),$$

$$M_{\pi^0 \pi^0} = 709 \pm 18 \text{ МэВ} \quad (20 \text{ событий}),$$

$$M_{\pi^0 \pi^0} = 1250 \pm 30 \text{ МэВ} \quad (7 \text{ событий}).$$

Если считать, что максимум $M_{\pi^0 \gamma \gamma} = 560 \text{ МэВ}$ соответствует η^0 , то

$R = \frac{\eta \rightarrow \pi^0 \gamma \gamma}{\eta \rightarrow \gamma \gamma} = 0,86 \pm 0,47$. Для случаев с шестью γ -квантами можно найти верхнюю границу отношения, равную

$$R = \frac{\eta \rightarrow \pi^0 \pi^0 \pi^0}{\eta \rightarrow \gamma + \gamma} \leq 0,42.$$

Максимум $M_{\pi^0 \pi^0} = 1250 \text{ МэВ}$ можно отождествить с $f^0 \rightarrow \pi^0 \pi^0$, а максимум $M_{\pi^0 \pi^0} = 709 \text{ МэВ}$ — сопоставить S^0 -мезону, существование которого до сих пор твердо не установлено. Интерпретация максимума

$M_{\pi^0 \gamma \gamma} = 945 \text{ МэВ}$ встречает затруднения. Если приписать его X^0 , то

кажется странным наличие большого числа зарегистрированных случаев. Вероятно, часть этих случаев принадлежит нейтральной компоненте δ .

В событиях с числом γ -квантов больше четырех также вычислялись комбинации эффективных масс $M_{2\gamma}$, $M_{3\gamma}$, $M_{4\gamma}$ и т.д. Можно сделать лишь качественное заключение, а именно: распад $\eta \rightarrow 3\pi$ — очень редкий вид распада.

Помимо перечисленных работ, этой же группой завершена обработка снимков, сделанных в ксенонной камере, облученной π^- -мезонами с импульсом 9 Гэв/с. Обнаружен распад $\omega^0 \rightarrow 3\gamma$, причём оценка отношения вероятностей этого процесса и распада $\omega \rightarrow \pi^0 \gamma$ даёт

$$R = \frac{W(\omega^0 \rightarrow 3\gamma)}{W(\omega^0 \rightarrow \pi^0 + \gamma)} \leq 0,2 + 0,15.$$

3. Получены данные о существовании $\Lambda\eta^0$ -резонанса, образующегося в π^-p -взаимодействиях при 4,0 Гэв/с. Образование $\Lambda\eta^0$ -резонанса наблюдалось при анализе случаев, в которых совместно с Λ -гипероном регистрировалась хотя бы одна электронно-позитронная пара от конверсии γ -кванта, генерированного в том же взаимодействии. Данные об угловом распределении Λ -гиперонов, взятых из области резонансов в системе покоя $\Lambda\gamma$, указывают на то, что спин $\Lambda\eta$ -резонанса равен 1/2.

В настоящее время этот резонанс получил общее признание и занесен в таблицы элементарных частиц А.Розенфельда. Вместе с данными работ, в которых доказывается существование других η^0 -барионных резонансов ($N\eta$, $\Sigma\eta$), $\Lambda\eta^0$ -резонанс может быть членом октета $J^P = 1/2$. Кроме указанных резонансов, должен существовать $\Xi\eta$ -резонанс с теми же квантовыми числами.

Работа ведется совместно с румынскими физиками.

4. Процесс $e^- + z \rightarrow e^- + e^+ + e^- + z$ при средней энергии электронов 2,4 Гэв изучался на материале с пропановой пузырьковой камеры. Получено сечение процесса с 30%-ной ошибкой. Показано, что если изучать это взаимодействие с помощью водородной камеры, то точность определения сечения можно получить равной $\pm 5\%$. Делается сопоставление с расчётами по квантовой

электродинамике. Методика выделения этого процесса была предложена и разработана Я.Бэмом. Ранее процесс был изучен при малых энергиях и с большими ошибками, давалась только граница сечения.

5. Исследование реакций $\pi^- + p \rightarrow \pi^+ + \pi^- + \pi\pi^0 + p$ и $\pi^- + p \rightarrow 2\pi^+ + 2\pi^- + \pi\pi^0 + p$ при импульсе 4 Гэв/с. В этих реакциях участвуют 2 нейтральных частицы. По двум γ -квантам выделялись π^0 -мезоны с ошибкой $\frac{\Delta m}{m} \leq 12\%$. Сделано разделение по каналам реакции с одним и двумя π^0 -мезонами. Найдены величины сечений

$$\sigma_{(1\pi^0)} = 3,8 \pm 0,7 \text{ мбн и}$$

$$\sigma_{(2\pi^0)} = 3,6 \pm 0,3 \text{ мбн.}$$

Подробно изучена реакция с $2\pi^0$, причём показано, что в реакции $\pi^- + p \rightarrow 2\pi^+ + 2\pi^- + 2\pi^0 + p$ сечения процессов с образованием ω, ρ, η малы ($\sigma \leq 0,2$ мбн). Получено указание об образовании изобар $N(1688)$ и $N(2190)$.

6. Изучение образования e^+e^- пар γ -квантами больших энергий показало, что радиационная поправка в процессе $\gamma + z \rightarrow e^+ + e^- + z'$ составляет $< 3\%$. Имеется согласие с теорией для тормозного излучения электронов.

7. Реакция $\pi^- + p \rightarrow \pi^- + p + \pi\eta$ при 4 Гэв/с изучалась на материале 126000 фотографий. Отобрано 498 случаев с протонами, имеющими импульсы меньше 500 Мэв/с. Удалось при анализе выделить группу водородных и углеродных событий, группы с двумя и тремя квантами при одном зарегистрированном. Получено хорошее определение массы π -мезона и указание на образование η^0 -мезона, распадающегося по нейтральному каналу, но не на 2 γ -кванта.

Резонансные взаимодействия элементарных частиц

1. Завершено облучение 4-сантиметровой пузырьковой камеры в пучке π^+ -мезонов с импульсом 2,4 Гэв/с. чено 200000 фотографий. Ведется исследование процесса рождения ρ^+ -мезона и изобары N_{33}^* и изучение свойств A_1 -мезона. Для реакций
- $$\pi^+ + p \rightarrow \rho^+ + p \quad \text{и} \quad \pi^+ + p \rightarrow N_{33}^* + \pi^+$$
- были определены элементы спиновой матрицы плотности. На рисунках 22 и 23 представлены распределения по эффективным массам для $\pi^+ \pi^0$ и $\pi^+ p$ -систем, соответственно. В табл. I даны значения ρ коэффициентов

спинной матрицы плотности, найденные в работе. Для сравнения приведены теоретические данные по двум моделям и данные других работ при близких энергиях.

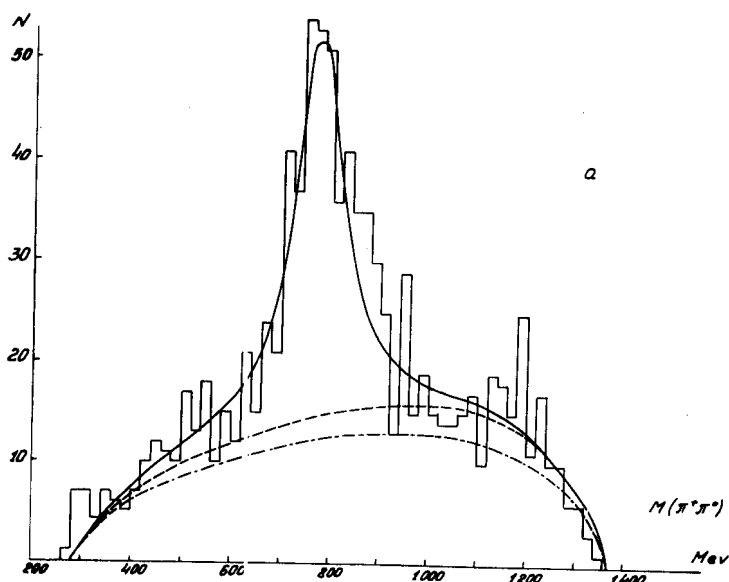


Рис. 22. Распределение по эффективным массам $\pi^+ \pi^0$ -комбинаций. Штрих-пунктирная кривая - фазовый объем для $M_{\pi^+ \pi^0}$, пунктирная - фазовый объем плюс проекция изобары $N_{3/2}^* 3/2$. Сплошная кривая - фазовый объем, проекция изобары и проекция ϕ^+ -мезона.

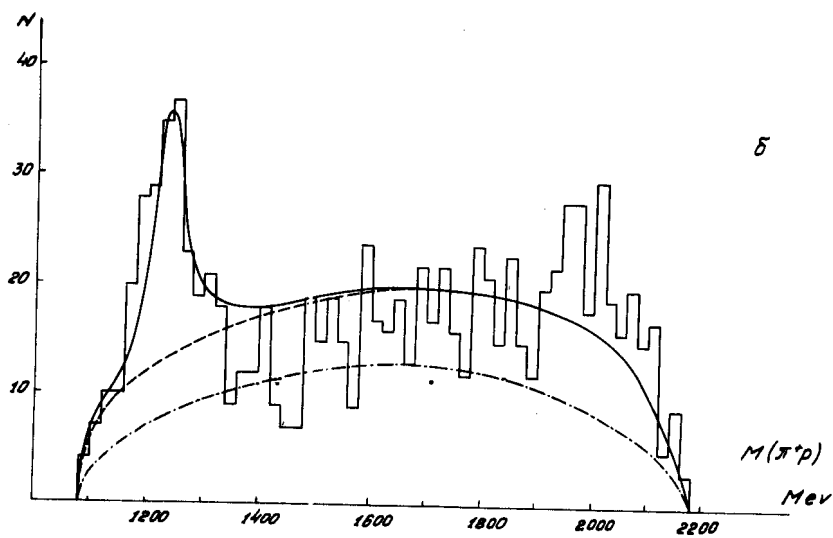


Рис. 23. Распределение по эффективным массам $\pi^+ \rho$ -комбинаций. Штрих-пунктирная кривая - фазовый объем, пунктирная - фазовый объем плюс проекция ρ^+ -мезона, сплошная - фазовый объем, проекция ϕ^+ -мезона и проекция изобары $N_{3/2}^* 3/2$.

Таблица 1

p_{π} Гэв/с	$\pi^+ p \rightarrow p p^+$			$\pi^+ p \rightarrow N^{*+} \pi^0$		
	ρ_{00}	$\rho_{1,-1}$	$\text{Re} \rho_{10}$	ρ_{11}	$\text{Im} \rho_{1,-1}$	$\text{Re} \rho_{11}$
2,35-2,80	0,547±0,038					
4,0	0,70±0,08	0,17±0,08	-0,074±0,070	0,40±0,06	0,11±0,08	-0,028±0,072
2,34 (давняя работа)	0,650±0,031	0,066±0,041	0,085±0,034	0,25±0,03	0,035±0,04	0,003±0,035
Одномезонная модель	1	0	0	0,375	0,216	0
Модель с поглощением	0,7	0,04	-0,1	0,2	0,22	0,05

2. Новые данные об образовании K^* (890) и Y_1^* (1385) в различных каналах при импульсе 4,0 Гэв/с. Показано, что в реакциях типа $\pi p \rightarrow \Lambda K \pi$ образуется только $K^*(890)$ в 17% случаев. В реакции $\pi p \rightarrow \Lambda K^0 \pi^+ \pi^-$ наблюдается рождение Y_1^* (1385) в (8,3±4)% случаев, а $K^*(890)$ - в (15 ± 3)% случаев; в реакции $\pi p \rightarrow \Lambda K^+ \pi^- \pi^0$ рождение Y_1^* (1385) - в (15 ± 4)% случаев, а $K^*(890)$ - в (20 ± 5)% случаев. Кроме того, в этих реакциях наблюдается совместное рождение $\pi p \rightarrow Y^* K^*$. Такого типа реакции составляют около 5%. Анализ угловых и импульсных распределений страных частиц в с.ц.м. реакций указывает на преимущественное образование этих частиц через периферический механизм с обменной частицей - бозоном.

Получены данные о ($T = 1/2, S = 0$) -резонансе с массой $m \approx 1675$ Мэв, распадающемся на Λ -гиперон и K -мезон (рис. 24). ΛK -резонанс обнаружен в реакциях $\pi^- p \rightarrow \Lambda K^0 + m \pi$ ($m = 2$) при импульсе 4 Гэв/с.

Для этого резонанса число ΛK -пар относительно всех событий составляет около 10%. Анализ углового распределения Λ -гиперонов из пика, соответствующего массе ≈ 1675 Мэв в системе покоя ΛK , указывает на то, что спин ΛK -резонанса равен 1/2. Эти данные согласуются с тем, что наблюдалось ранее в Дубне и США. Существование этого резонанса было впервые предсказано Базем, Ваксли и Ларкиным.

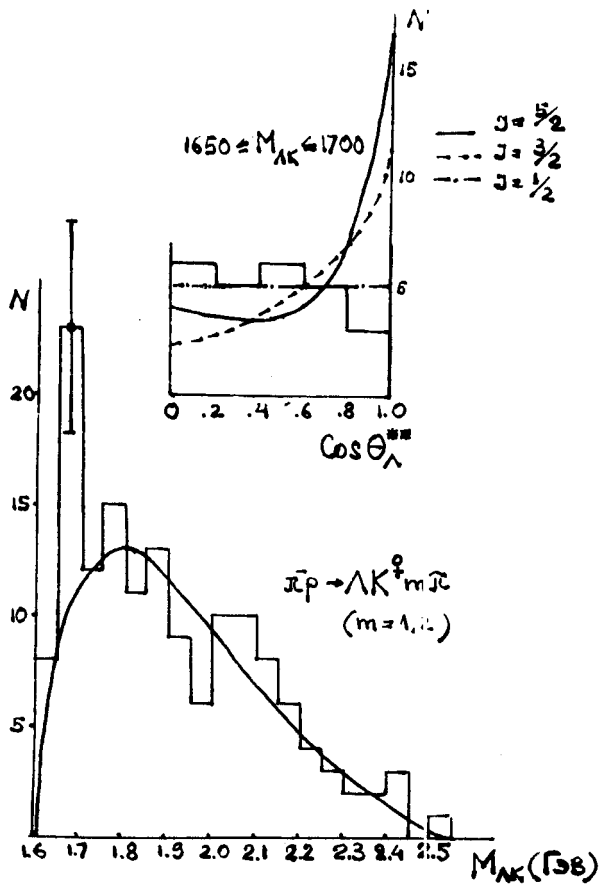


Рис. 24

Гистограмма эффективных масс Λ - и K -частиц и угловое распределение Λ -частиц из области $1650 \leq M_{\Lambda K} \leq 1700$ Мэв в системе покоя ΛK .

3. Изучение неупругих взаимодействий отрицательных пионов с импульсом 7,5 Гэв/с с протонами. В окончательную статистику вошло 1253 события, из них 729 с протонами и 524 с нейтронами. Показано, что реакции образования конечных частиц при этих энергиях идут преимущественно через возбужденные состояния. При изучении спектров эффективных масс обнаружено образование ρ^0 -мезона и изобары $N_{3/2}^*$.

Кроме того, в методическом плане проводилась работа по применению метода анализа кинематики реакций в образах пространства скоростей. Детально проанализировано 180 событий с выделенным протоном при наличии π^0 -мезона и его отсутствии. С помощью этого метода удалось понизить фон ложных комбинаций в распределениях по эффективным массам. Были определены массы известных резонансов в распределениях и получено указание на существование новых резонансов:

$A_8(1,54) \rightarrow 3\pi$ с $\Gamma \leq 0,14$ Гэв (3,6 ст.откл.),

$\chi_8(1,55) \rightarrow 2\pi, 4\pi$ с $\Gamma \leq 0,155$ Гэв (2,3 ст.откл.).

4. Обработка фотографий, полученных при облучении 24-литровой пропановой пузырьковой камеры в пучке нейтронов с энергией от 2 до 10 Гэв. Показано, что имеется возможность изучения комбинаций $\rho\pi^+\pi^+$ и $\rho\pi^-\pi^-$ с изоспином $5/2$. Наличие максимума в распределении эффективных масс этих комбинаций в области 1,6 – 1,7 Гэв говорит в пользу продолжения изучения этих изобар. На рис. 25 представлено суммарное распределение 190 комбинаций. Положения максимумов для $\rho\pi^+\pi^+$ и $\rho\pi^-\pi^-$ совпадают. Для оценки влияния на эти распределения $N_{8/2}^*$ изучалось распределение $\rho\pi^+$. На рис. 22 с дано распределение комбинаций с $T = 5/2$ и

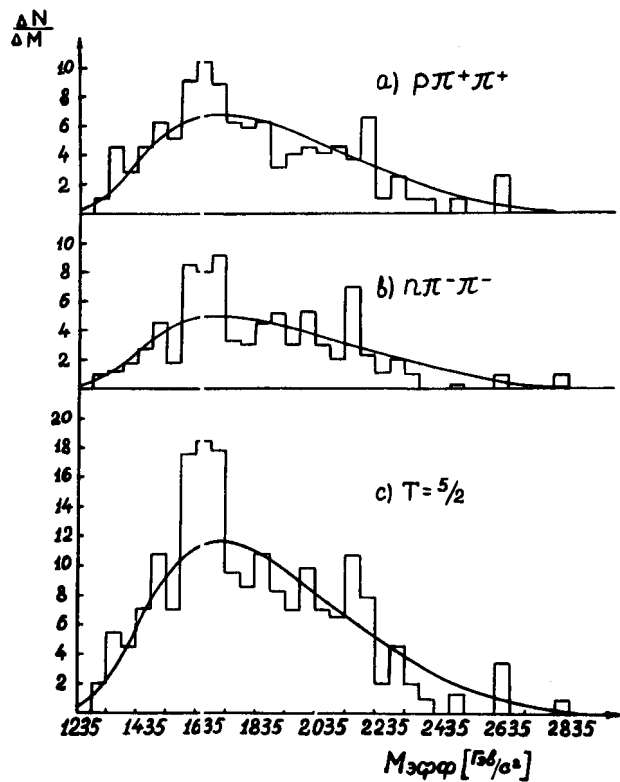


Рис. 25

Распределение комбинации с $T = 5/2$ и фазовая кривая.

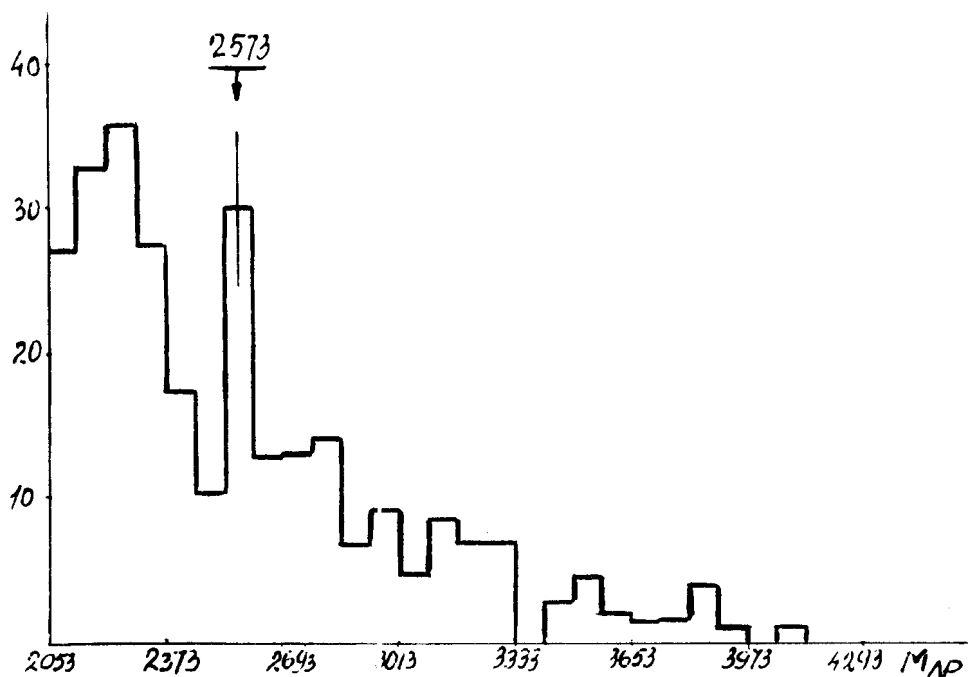


Рис. 26. Спектр эффективных масс системы Λp из событий, образованных нейтронами на свободных протонах.

фазовая кривая. С помощью имеющихся фотографий можно увеличить статистику событий более чем в 10 раз.

Здесь же проводилась работа по поиску двухбарионных резонансов с $S = -1$ и $S = 0$. К настоящему времени обработано около 75% всех событий со странными частицами на 120 000 фотографий. Предварительные результаты по поиску резонансов в системах Λp , pp сводятся к следующему:

а) В событиях, возникших в результате взаимодействия нейтронов с протонами, в спектре эффективных масс системы Λp обнаружен пик при 2573 Мэв, отстоящий более чем на три стандартных отклонения от соседних интервалов с полной шириной менее 80 Мэв. Не удалось промоделировать этот пик, комбинируя статистический фон с известными резонансами. Как эта, так и другие проверки, по-видимому, исключают возможность того, что пик возник в результате каких-то кинематических эффектов. Возможно, найден новый резонанс (рис. 26).

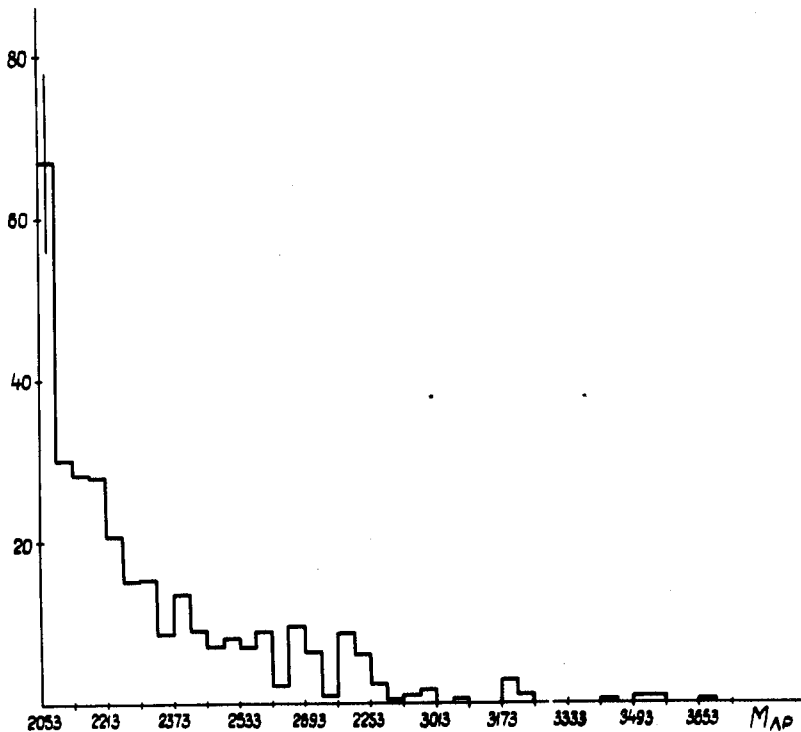


Рис. 27. Спектр эффективных масс системы Λp из событий, образованных нейтронами на ядрах углерода с выполнением законов сохранения электрического и барионного зарядов.

б) В группе событий, в которых выполняются законы сохранения барионного и электрического зарядов, но не выполнены кинематические условия возникновения их на свободных протонах, обнаружен резко выраженный пик с максимумом при 2062 Мэв. Происхождение этого пика авторы относят к сильному взаимодействию в системе Λp при низких относительных энергиях (рис.27).

в) В группе событий с видимым развалом ядра углерода найден пик при ≈ 2220 Мэв с полной шириной меньше 40 Мэв (рис. 28).

Редкие типы распадов K^- -мезонов

Проводились следующие исследования на материале, полученном на камере Вильсона.

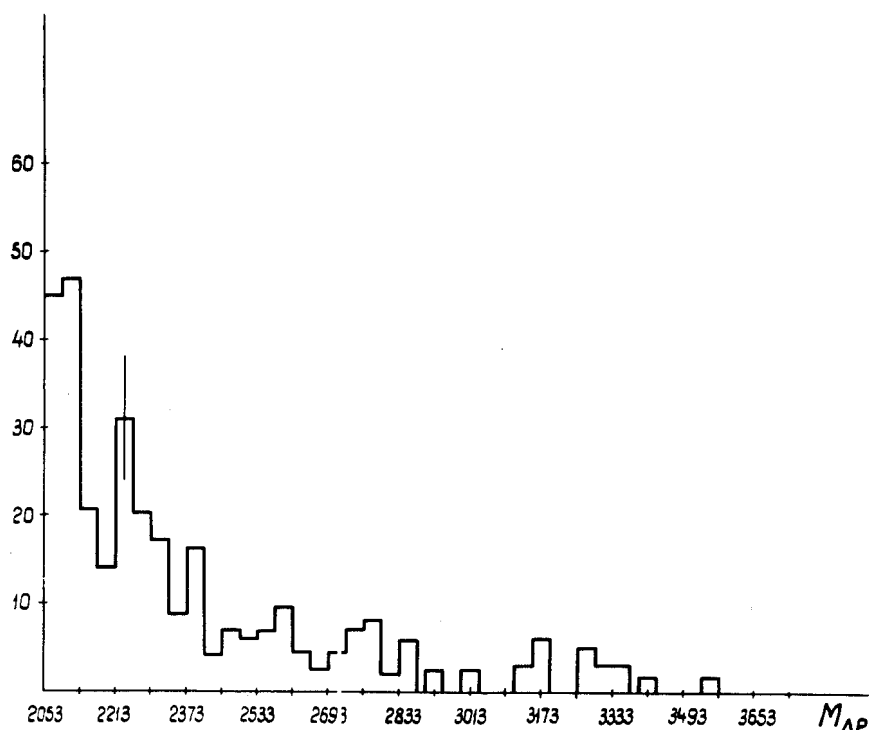
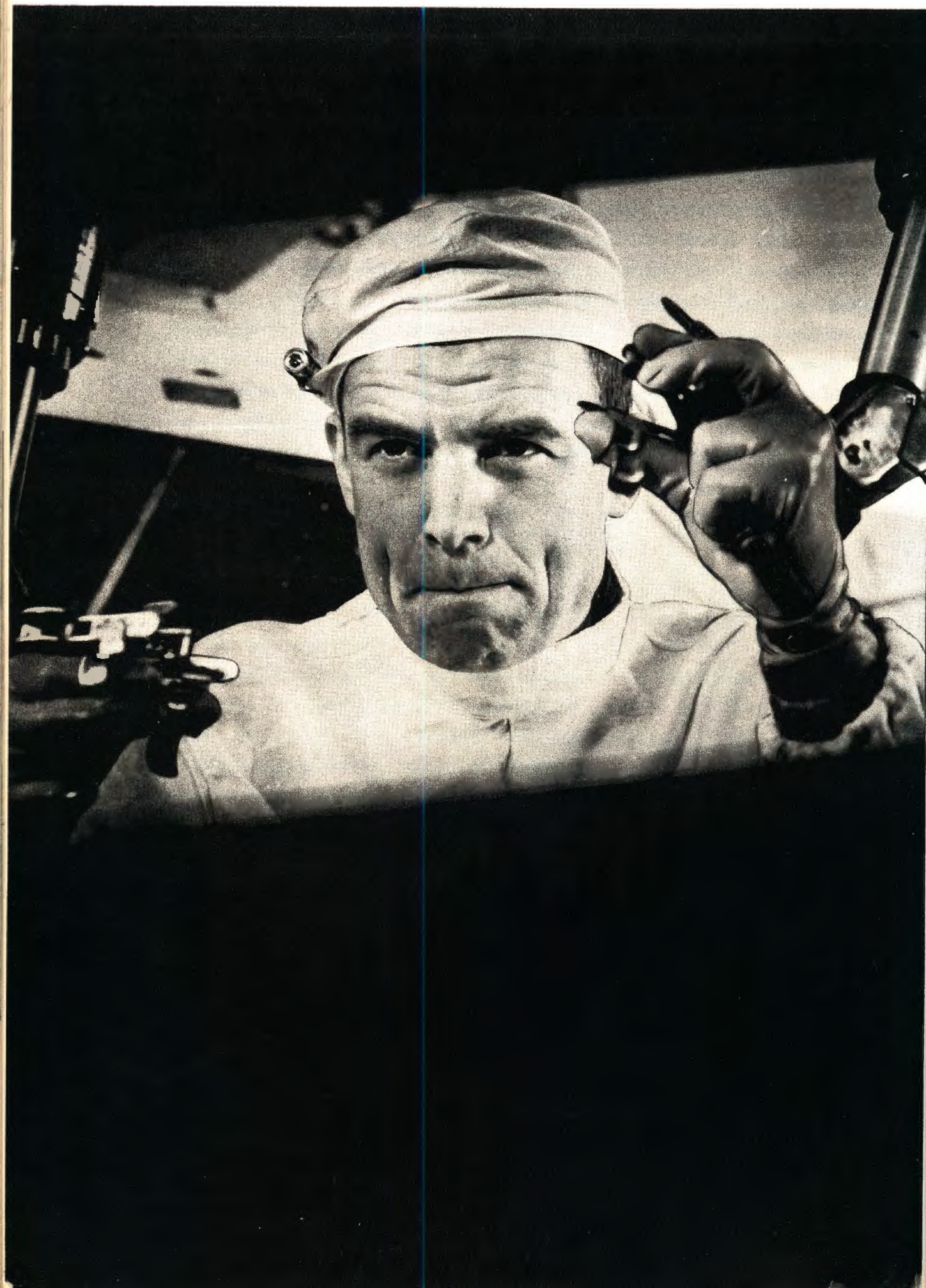


Рис. 28. Спектр эффективных масс системы Λp из событий, образованных нейтронами на ядрах углерода с видимым развалом ядра.

1. Первая экспериментальная проверка гипотез, объясняющих распад $K_2^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^-$ в рамках CP-инвариантности общим для всех нестабильных частиц отклонением от экспоненциальности в законе распада. В условиях, в которых наблюдались долгоживущие $K_2^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$ — распады, не было обнаружено долгоживущих $\Lambda^0 \rightarrow p \pi^-$ —распадов. Тем самым была экспериментально с достоверностью 99,9% установлена несостоятельность упомянутых выше гипотез.
2. Поиски новых, еще не обнаруженных типов распада K^0 — мезонов. Были установлены следующие верхние пределы для вероятностей распадов:

$$\begin{aligned}
 W(K_k^0 \rightarrow e^+ e^-) &\leq 1,2 \cdot 10^4 \text{ сек}^{-1}, \\
 W(K_L^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-) &\leq 1,2 \cdot 10^4 \text{ сек}^{-1}, \\
 W(K_H^0 \rightarrow \mu^\pm e^\mp) &\leq 1,2 \cdot 10^4 \text{ сек}^{-1}, \\
 W(K_H^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- \gamma) &\leq 2 \cdot 10^5 \text{ сек}^{-1}.
 \end{aligned}$$

3. Рассмотрение интерференционных явлений в распадах при рождении пары $K^0 \bar{K}^0$ в связи с возможным нарушением CP-инвариантности было выполнено в ряде теоретических работ по K^0 -мезонам. Показано, что изучение этих явлений позволяет: определить величину и относительную фазу очень малых примесей с чётными (или нечётными) орбитальными моментами в системе $K^0 \bar{K}^0$, наблюдать в "чистом" виде запрещенные CP-инвариантностью распады $K_S^0 \rightarrow 3\pi$ и получить сведения о фазе амплитуды $A_S(3\pi)$ (в обычной постановке опыта это не представлялось возможным), а также исследовать регенерацию K_S^0 и K_L^0 -мезонов. Выяснены особенности процесса регенерации при больших энергиях, который дает возможность одновременно изучать асимптотическое поведение как мнимой, так и действительной части амплитуды рассеяния, исследовать дисперсионные соотношения, предсказания реджистики, а также определить форм-фактор K^0 -мезонов. Из полученных результатов следует особо отметить сделанную впервые оценку электромагнитных размеров K^0 -мезона ($r_{K^0} \leq 2,6 f$ с 95%-ной достоверностью).



Лаборатория
ядерных
проблем

В 1966 году научные исследования в области физики элементарных частиц и атомного ядра выполнялись главным образом в традиционных для Лаборатории ядерных проблем направлениях: изучение сильных взаимодействий нуклонов и пионов с нуклонами и ядрами, слабых и электромагнитных взаимодействий и физики пионов и мюонов, исследование свойств и квантовых характеристик искусственно-радиоактивных атомных ядер, особенно деформированных.

В то же время благодаря вводу в действие мю-мезонного тракта в течение последних двух лет начали интенсивно развиваться такие новые интересные направления физики, как мю-атомная спектроскопия, мезохимия и т.п.

Сооружение в отделе ядерной спектроскопии ЛЯП в 1965 году большого альфа-спектрометра и экспрессной химической лаборатории и ввод в действие в 1966 году полугорячих лабораторий открыли большие возможности для изучения ряда важных, ранее недоступных для эксперимента тонких явлений и свойств атомных ядер, обнаружения и исследования новых изотопов, более далеко отстоящих от линии стабильности и т.п.

В лаборатории успешно проводились работы в области физики и техники сильноточных ускорителей типа мезонных фабрик.

Сильные взаимодействия нуклонов и пионов
с нуклонами и ядрами

1. Изучение корреляции в рр-рассеянии поляризованных протонов. Это исследование является частью большого цикла работ, которые проводятся в Лаборатории ядерных проблем с нуклонами, имеющими энергию около 600 Мэв, по программе "полного

опыта". Конечной целью указанных экспериментов является получение сведений об асимптотическом поведении волновой функции сталкивающихся частиц путем проведения фазового анализа данных и вычисления амплитуды рассеяния.

Опыты по изучению корреляции поляризации в pp -рассеянии поляризованных протонов, выполненные в текущем году в ЛЯП, являются очень трудными и уникальными. Эксперимент выполнен с поляризованным пучком протонов ($P = 0,34 \pm 0,02$), имеющих энергию 605 Мэв, для угла рассеяния $\theta = 90^\circ$ в с.п.и. В опытах использовалась система искровых камер, управляемых спинтлляционными счётчиками. Получены следующие значения коэффициентов корреляции поляризаций:

$$C_{qkn}(90^\circ) = 0,92 \pm 0,38,$$

$$C_{nn}(90^\circ) = 0,56 \pm 0,18,$$

$$C_{kr}(90^\circ) = 0,27 \pm 0,18.$$

Найденные величины C_{qkn} , C_{nn} и C_{kr} были использованы совместно с другими данными для прямого восстановления коэффициентов амплитуды pp -рассеяния:

$$M = 1/2 \{ (a + b) + (a - b)(\vec{\sigma}_1 \vec{n})(\vec{\sigma}_2 \vec{n}) + e [(\vec{\sigma}_1 \vec{n}) + (\vec{\sigma}_2 \vec{n})] + (c + d)(\vec{\sigma}_1 \vec{k})(\vec{\sigma}_2 \vec{k}) + (c - d)(\vec{\sigma}_1 \vec{p})(\vec{\sigma}_2 \vec{p}) \} .$$

Так как при $\theta = 90^\circ$ амплитуда $a(90^\circ) = 0$, $a(90^\circ) = -c(90^\circ)$, то вычислялись лишь значения амплитуд b , d и e и фаз ϕ_b и ϕ_d .

Важнейшим результатом работы является то, что с помощью полученных данных о коэффициенте C_{qkn} впервые удалось осуществить однозначное прямое восстановление амплитуды рассеяния в области энергий, где неупругие процессы играют существенную роль. Найденные модули амплитуд и фаз приведены в табл. 2. При рассеянии с большими передачами импульсов в амплитуде рассеяния существенны два члена: один из них связан со спин-орбитальными силами (e), а другой — определенная комбинация центральных и тензорных сил.

Подробный анализ всей совокупности опытных данных показал, что в широкой области энергий от 66 до 630 Мэв спин-орбитальная амплитуда для

Таблица 2

Решение при 600 Мэв с учётом найденного значения $C_{q \text{ кп}}$	
(b)	$0,23 \pm 0,05$
(d)	$0,09 \pm 0,09$
(e)	$0,64 \pm 0,04$
ϕ_b	$146^\circ \pm 10^\circ$
ϕ_d	$-105^\circ \pm 61^\circ$

Модули в единицах 10^{-13} см

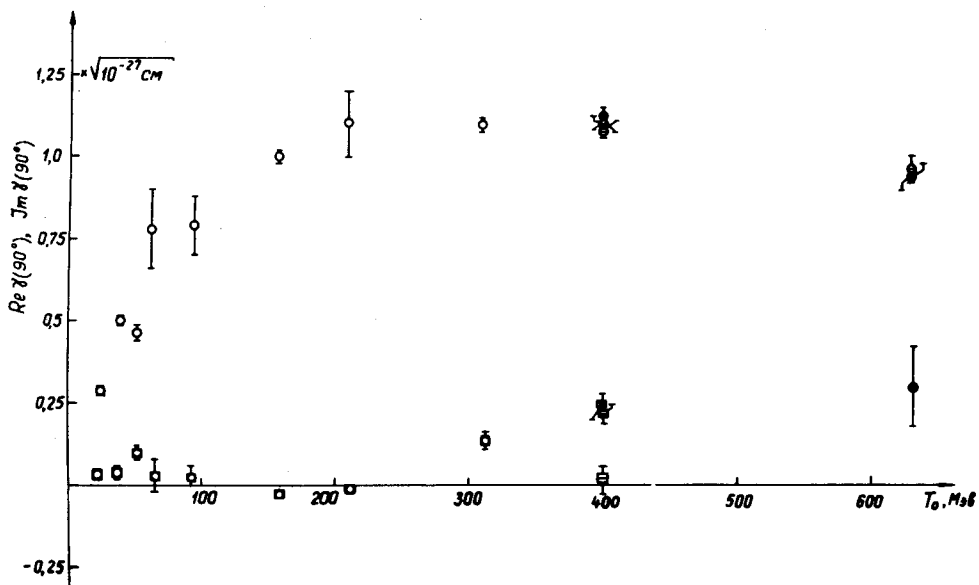


Рис. 29. Энергетическая зависимость действительной и мнимой частей спин-орбитальной амплитуды в pp -рассеянии.

- \bigcirc \square - мнимая и действительная часть коэффициента, соответственно;
 \ominus \equiv - первый набор; \oplus \equiv - второй набор;
 \otimes \boxtimes - четвертый набор.

pp -рассеяния оказывается чисто мнимой (рис. 29). Другие амплитуды во всей изученной области энергий имеют сравнимые по величине мнимые и действительные части. Представляет также интерес сравнить значения реальной и мнимой частей амплитуды pp - и pn -рассеяния для угла 0° . На рис. 30 и 31 приведены

энергетические зависимости отношения $\text{Re } a(0^0) / \text{Im } a(0^0)$ для одноименных (pp) и различных (np) нуклонов. Сплошные кривые вычислены на

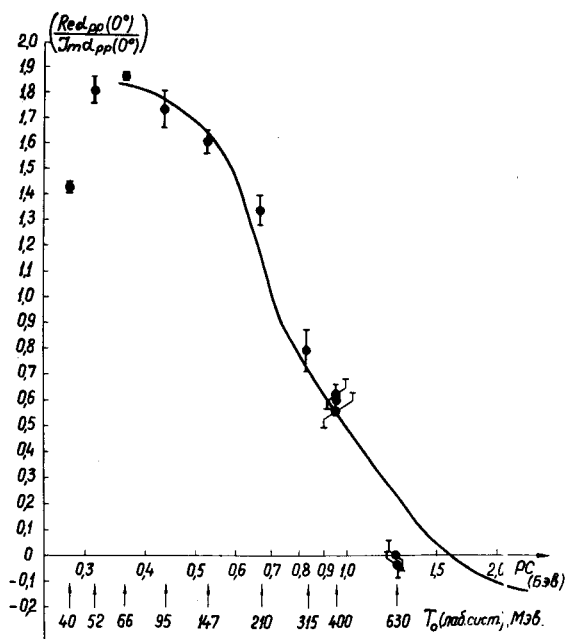


Рис. 30. Энергетическая зависимость $\text{Re } a_{pp}(0) / \text{Im } a_{pp}(0)$

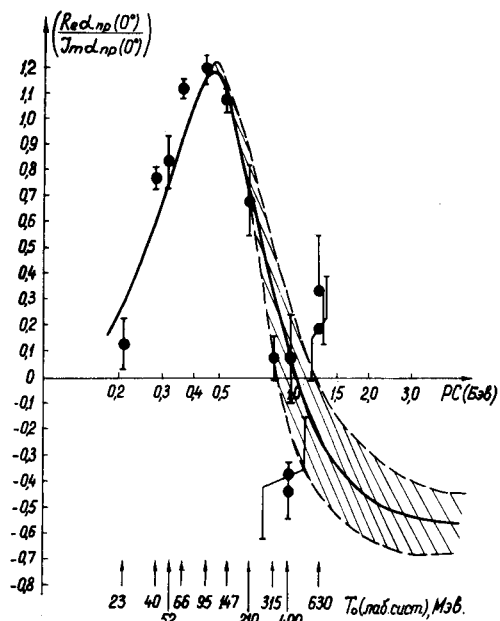


Рис. 31. Энергетическая зависимость $\text{Re } a_{np}(0) / \text{Im } a_{np}(0)$

основе дисперсионных соотношений В.С.Барашенковым (pp) и А.Картером (np). Можно видеть, что при всех энергиях от 40 до 400 МэВ для pp -системы это отношение достаточно велико и лишь при энергии порядка 700 МэВ становится близким к нулю. Наблюдавшееся отступление опытных данных от теоретических кривых (как для pp -, так и для np -системы) при энергиях порядка 600 МэВ требует уточнения.

2. Ф а з о в ы й а н а л и з NN -р а с с е я н и я. Интересный результат получен в работе, посвященной фазовому анализу данных о нуклон-нуклонном рассеянии при энергии 23 МэВ. Установлен единственный набор фаз, которому удовлетворяет вся совокупность имеющихся данных. Оказалось при этом, что параметр смешивания ϵ_1 является при этой энергии отрицательным ($\epsilon_1 = -4,87 \pm 1,39$). Совокупность данных свидетельствует о сложной зависимости ϵ_1 от энергии: при очень малых энергиях он близок к нулю; затем,

как это следует из анализа, отрицателей, а при энергиях более 100 Мэв становится положительным и растет с увеличением энергии. В этой ситуации весьма интересными становятся опыты по π -рассеянию при энергиях 12–15 Мэв с поляризованными протонными мишенями. Для планирования экспериментов (установления области углов рассеяния, при которых наиболее целесообразно вести измерения) выполнен фазовый анализ при энергиях нуклонов 9,7; 14 и 18 Мэв.

3. Образование заряженных пионов в соударениях нейтрон-протон. Новые важные результаты получены двумя группами лаборатории в опытах с нейтронами, имеющими энергии 600 Мэв. Детальные исследования реакций



позволили определить:

а) полное сечение рождения положительных и отрицательных мезонов (оно составляет $(1,3 \pm 0,2) \cdot 10^{-27}$ см² для мезонов одного знака):

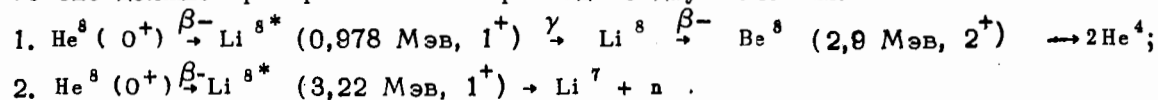
б) угловые распределения для пионов разных знаков, а также суммарное распределение;

в) энергетические спектры пионов обоих знаков;

г) полное сечение образования пионов в состоянии с изотопическим спином $T = 0$.

Совокупность полученных данных дала возможность сделать ряд важных заключений о характере образования пионов в NN -столкновениях и, в частности, показать необоснованность пренебрежения вкладом нерезонансных переходов при теоретическом рассмотрении проблемы. Согласно опытным данным, этот вклад составляет около 30%. Часть этих результатов уже получила подтверждение в опытах, которые недавно начаты в ЦЕРНе.

4. Прямое доказательство существования сверхтяжелого изотопа гелия ${}^8\text{He}$. Впервые вопрос о существовании ${}^8\text{He}$ рассматривали в 1960 году Зельдович и Гольданский. Если такое ядро существует и стабильно по отношению к испусканию нуклонов, то оно должно претерпевать бета-распад по двум схемам:



Распад по первой схеме особенно хорошо можно наблюдать в фотоэмульсии как Т-образный след с двумя электронами, выходящими из точки распада ядра Be^8 на две альфа-частицы.

При захвате остановившихся отрицательных пионов ядрами в фотоэмульсии было зарегистрировано 14000 π^- -образных следов. Среди них найдено 8 случаев образования ядра He^8 (рис. 32). Кинематический анализ показал, что это явля-

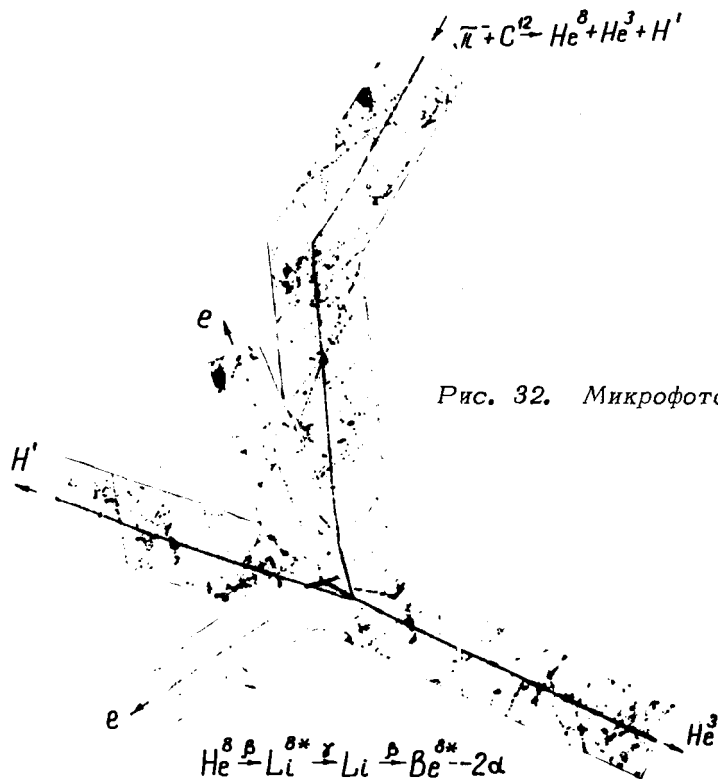


Рис. 32. Микрофотография образования ядра He^8 .

ется следствием реакций (рис. 33):

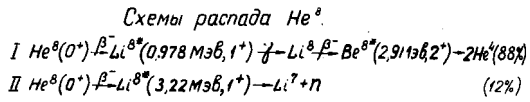
1. $\pi^- + C^{12} \rightarrow He^8 + He^4 + H^1$,
2. $\pi^- + C^{12} \rightarrow He^8 + H^2 + H^1 + H^1$,
3. $\pi^- + O^{16} \rightarrow He^8 + He^4 + He^8 + H^1$.

Масса гелия-8 равна $M_{He^8} = (7481,3 \pm 0,9)$ Мэв, вероятность его образования в указанных выше реакциях - порядка $2 \cdot 10^{-6}$, дефект массы $\overline{M-A} = (29,8 \pm 0,9)$ Мэв.

Из факта существования бета-активного ядра He^8 с измеренной массой следует, что энергия связи тетранейтрона (если он существует) меньше $(4,9 \pm 0,9)$ Мэв.

5. Двойная перезарядка пионов на ядрах.

Новым интересным фактом, установленным в истекшем году, является наблюдавшееся резкое различие в энергетических зависимостях двойной перезарядки отрицательных пионов и положительных пионов. Результаты исследований 1966 го-



- Возможные каналы реакций :
- | | |
|---|--------------------|
| (1) $\pi^- + O^{16} \rightarrow He^8 + \alpha$ | } 2-лучевые звезды |
| (2) $\pi^- + C^{12} \rightarrow He^8 + He^3 + H^1$ | |
| (3) $\pi^- + N^{14} \rightarrow He^8 + He^3 + He^3$ | |
| (4) $\pi^- + O^{16} \rightarrow He^8 + Be^7 + H^1$ | |
| (5) $\pi^- + C^{12} \rightarrow He^8 + H^2 + H^1 + H^1$ | } 4-лучевые звезды |
| (6) $\quad \quad \quad \rightarrow He^8 + H^1 + H^1 + H^1 + \pi$ | |
| (7) $\pi^- + N^{14} \rightarrow He^8 + He^3 + H^2 + H^1$ | |
| (8) $\quad \quad \quad \rightarrow He^8 + He^4 + H^1 + H^1$ | |
| (9) $\quad \quad \quad \rightarrow He^8 + He^3 + H^1 + H^1 + \pi$ | |
| (10) $\pi^- + O^{16} \rightarrow He^8 + Li^6 + H^1 + H^1$ | |
| (11) $\quad \quad \quad \rightarrow He^8 + He^4 + He^3 + H^1$ | |
| (12) $\quad \quad \quad \rightarrow He^8 + He^3 + He^3 + H^2$ | |
| (13) $\quad \quad \quad \rightarrow He^8 + He^3 + He^3 + H^1 + \pi$ | |

Вероятности образования He^8

$$W_1 = \frac{\pi^- C^{12} \rightarrow He^8}{\pi^- C^{12} \rightarrow \text{все каналы}} = 2,8 \cdot 10^{-6}$$

$$W_2 = \frac{\pi^- O^{16} \rightarrow He^8}{\pi^- O^{16} \rightarrow \text{все каналы}} = 2,1 \cdot 10^{-6}$$

$$W_3 = \frac{\pi^- N^{14} \rightarrow He^8}{\pi^- N^{14} \rightarrow \text{все каналы}} < 5 \cdot 10^{-6}$$

$$W_4 = \frac{\pi^- AgV_2 \rightarrow He^8}{\pi^- AgV_2 \rightarrow \text{все каналы}} < 0,4 \cdot 10^{-6}$$

Рис. 33. Схема распада ядра He^8 и возможные каналы реакций.

да для π^- -мезонов и более ранних - для π^+ -мезонов представлены на рис.34 для области энергий от 50 до 170 МэВ.

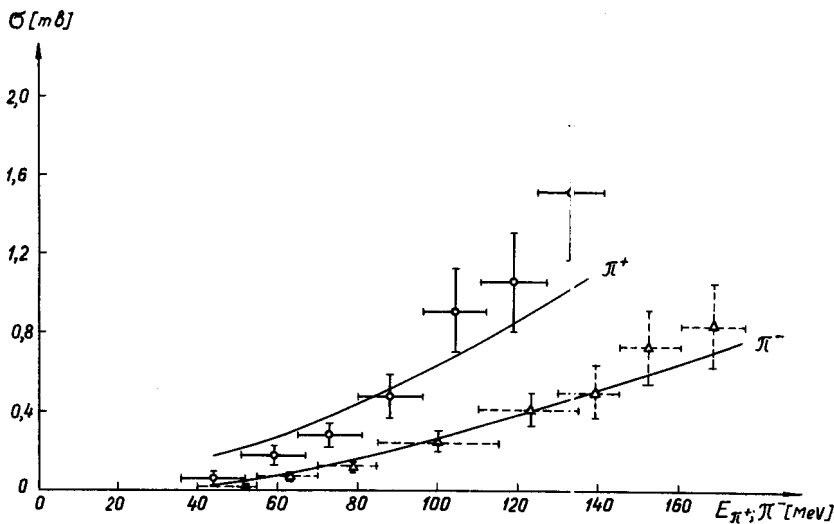


Рис. 34. Энергетическая зависимость сечения двойной перезарядки положительных и отрицательных π -мезонов.

6. Поглощение π^- -мезонов гелием-3. В целях изучения механизма поглощения отрицательных пионов ядрами He^3 впервые измерены с хорошей точностью относительные вероятности следующих процессов:

- (1) $(\pi^- + \text{He}^3 \rightarrow p + n + n)$;
- (2) $(\pi^- + \text{He}^3 \rightarrow d + n)$;
- (3) $(\pi^- + \text{He}^3 \rightarrow d + p + \gamma)$.

Вероятности этих процессов составляют соответственно $(57,8 \pm 5,4)$, $(15,9 \pm 2,3)$ и $(3,6 \pm 1,2)\%$ от полной вероятности захвата пионов ядром He^3 . Измеренное энергетическое распределение дейтронов от реакции (3) обнаруживает хорошее согласие с теоретическими расчётами Б.В.Струминского, учитывающими взаимодействие нуклонов в конечном состоянии. Спектр же протонов от реакции (1) плохо описывается теорией (Дивоканан), которая не учитывает указанного взаимодействия (см. рис. 35).

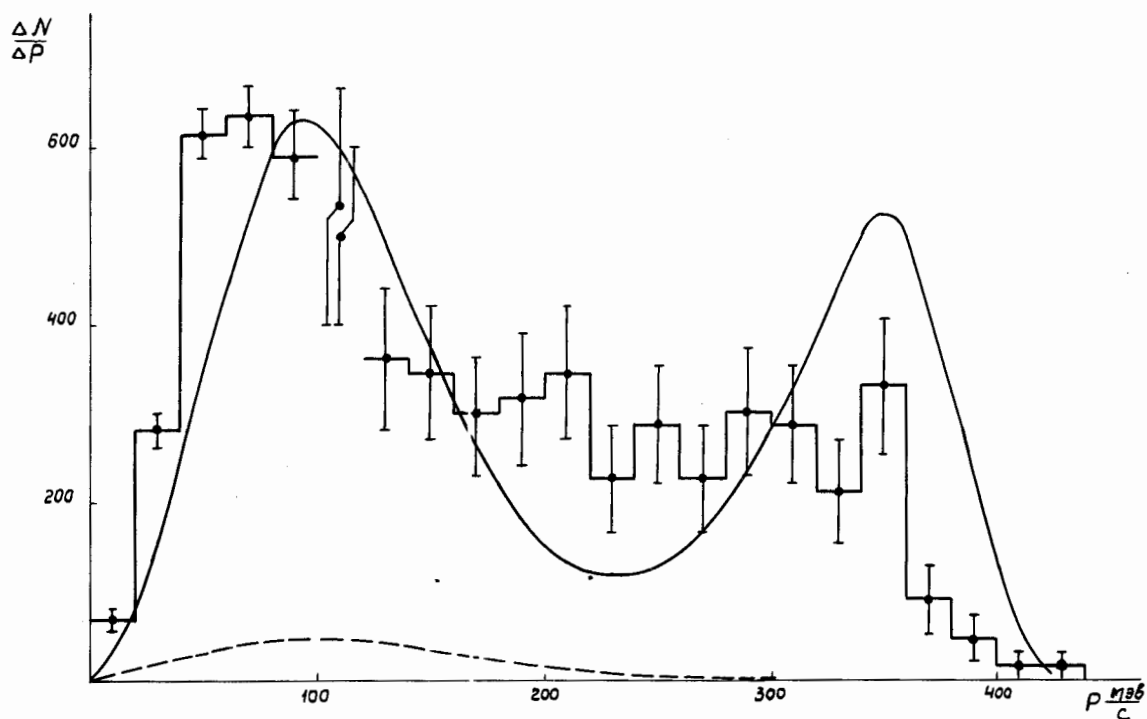


Рис. 35. Импульсный спектр протонов в реакции $\pi^- + \text{He}^3 \rightarrow p + n + n$, сплошной кривой дан теоретический спектр.

7. Определение отношения вероятностей безрадиационного и радиационного захвата π^- -мезонов дейтронами: реакции $\pi^- d \rightarrow pn$ (1) и $\pi^- d \rightarrow pn\gamma$ (2). Для установления количественной связи между процессами образования и рассеяния пионов было измерено отношение вероятностей процессов (1) и (2). Оно равно $S = \frac{W(1)}{W(2)} = 2,94 \pm 0,15$, в отличие от предсказанного теорией ($1,6 \pm 0,4$).

Слабые и электромагнитные взаимодействия и физика

мезонов

1. Мю-захват в сере и кальции. С целью поиска возможного объяснения аномально большой асимметрии в угловом распределении нейтронов от захвата мюонов в сере и кальции, ранее обнаруженной в лаборатории, измерена вероятность вылета нейтронов при мю-захвате в S^{82} и Ca^{40} путем регистрации радиоактивных ядер P^{80} и K^{88} . В этих опытах обнаружено, что при мю-захвате в сере и кальции нейтроны вылетают в основном парами. Этот факт, по-видимому, противоречит общепринятому однонуклонному механизму захвата мюонов ядрами, на основе которого до настоящего времени пытаются понять, почему значение асимметрии нейтронов велико.

2. В опытах с долгоживущими K^0 -мезонами впервые получены данные об энергетических спектрах и угловых корреляциях частиц в K_{s3} -распаде при фиксированной энергии π -мезонов (обработано 9400 V_0 -событий). На основе этих данных сделано заключение о том, что только векторный вариант взаимодействия хорошо описывает распад K^0 -мезонов; вклад S- и T-вариантов не превышает 10%.

3. Измерение времени жизни π^+ -мезона. Для обнаружения возможного отклонения от экспоненциальности в распаде нестабильных частиц проведено измерение времени жизни π^+ -мезона в интервале $3\tau \leq t \leq 16\tau$. Обработано около 1 миллиона осциллограмм. Отклонения от экспоненциальности не обнаружено. Исследование закона распада частиц в таком широком интервале времен выполнено впервые.

4. Изучение механизма радиационного захвата пионов ядрами $\pi^- + (P) + (A) \rightarrow n + \gamma + (A)$.

Прямое наблюдение корреляции гамма-кванта с нейтроном в процессе радиа-

пионного захвата пионов ядрами подтверждает заключение о том, что процесс радиационного захвата идет в основном как однонуклонный. Развитая по результатам этих работ количественная теория процесса радиационного захвата пионов ядрами находится в согласии с новыми данными.

5. Измерение энергии $2P - 1S$ переходов отрицательных мюонов в ядрах. Получены опытные результаты для шести ядер (см.табл. 3). Высокая точность измерений (0,3%) достигнута благо-

Таблица 3

Элемент	Эта работа	Пустыгалов /6/	Андерсен и др. /1,2/	Квотман и др. /3/	Бьеркляд и др. /4/
S	517,6±1,5	515	522,0±1,2	517,2±3	
Cl	573,1±1,7	578	582,8±1,3		
Ar	642,5±1,9	643			
K	708,8±2,2	711	721,5±5,7	714,1±4	
Ca	781,7±2,3	783	790,8±1,6	782,8±3	780,7±0,8
Cr	1086±3,2	1086	1094,4±4,3		

даря применению оригинального метода калибровки энергетической шкалы. Совместный анализ этих данных с результатами опытов Хофштадтера и др. по рассеянию электронов высоких энергий ядрами позволяет в принципе более точно определить распределение заряда в ядрах.

6. Исследование структуры K-серии мю-мезорентгеновского излучения выполнено для ряда веществ с целью выяснения влияния обобщенных уровней на вероятности мезорентгеновских переходов. Установлено, что относительно небольшие изменения в структуре электронной оболочки приводят к сильному изменению в вероятностях переходов мюонов с высоких уровней на основной.

7. Зависимость вероятности захвата остановившихся π^- -мезонов химически связанным водородом была исследована для проверки предсказаний модели больших мезомолекул, развитой в ЛТФ. Показано, что для $z \leq 53$ зависимость вероятности захвата от z описывается функцией вида $\frac{A}{(az)^3}$, причём на границах периодов таблицы Менделеева эта функция терпит разрывы. Показано также, что модель больших мезомолекул пригодна для описания захвата π^- -мезонов водородом в трехатомной молекуле (случай трех центров).

Исследование свойств и квантовых характеристик
искусственно-радиоактивных атомных ядер, особенно дефор-
мированных

Исследования по этой проблеме проводятся в отделе ядерной спектроскопии и радиохимии Лаборатории ядерных проблем и выполняются по согласованной программе со многими экспериментальными группами стран-участниц (Будапешт, Дебрецен - ВНР, Краков, Варшава и Люблин - ПНР, Дрезден - ГДР, Прага - ЧССР, Бухарест - СРР, София - НРБ, Москва, Ленинград, Ташкент, Алма-Ата и др. - СССР). На рис. 36 указаны пункты расположения институтов, с которыми Лаборатория ядерных проблем сотрудничает в вопросах исследования атомного ядра методами спектроскопии и куда рассылаются радиоактивные препараты, получаемые на синхротроне.

В 1966 году это сотрудничество существенно усилилось благодаря тому, что хорошо работали введенные в конце 1965 года "полугорячие" лаборатории и все относящиеся к ним вспомогательные сооружения (фильтраторы, сливы, отстойники и т.д.), начавшие функционировать в середине 1966 года. В результате этого в истекшем году лаборатория отправила в институты стран-участниц более 80 посылок - контейнеров с различными радиоактивными препаратами. При этом активности препаратов значительно увеличены по сравнению с 1965 годом, так как высококачественная защита "полугорячих" лабораторий позволяет работать с активностями 10 гр. экв. радия. С помощью дубненских радиоактивных препаратов группы ученых многих институтов стран-участниц смогли выполнить большую программу не только совместных, но также и самостоятельных исследований.

Отметим здесь наиболее важные работы, сделанные в отделе ядерной спектроскопии.

1. Обнаружение тонкой структуры в спектре альфа-частиц (распад на возбужденный уровень) при распаде Dy^{188} в Cd^{146} . На рис. 37 приведен спектр альфа-частиц и предлагаемая схема распада ядра Dy^{188} . Сложное исследование было выполнено на большом прецизионном альфа-спектрографе. Это уже третье открытие, сделанное с помощью указанного прибора.

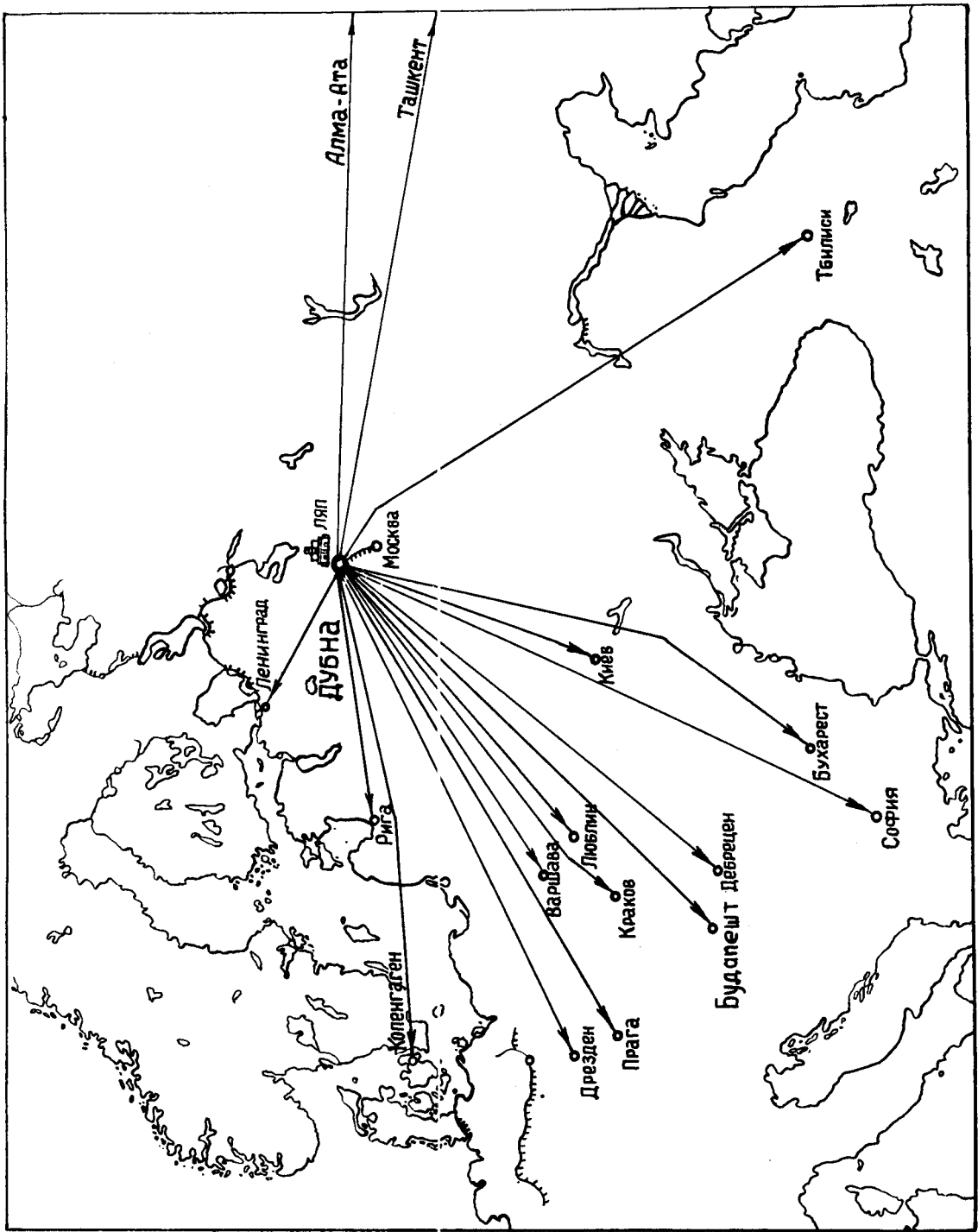


Рис. 36. Географическая карта сотрудничества Лаборатории ядерных проблем в вопросах исследования атомного ядра.

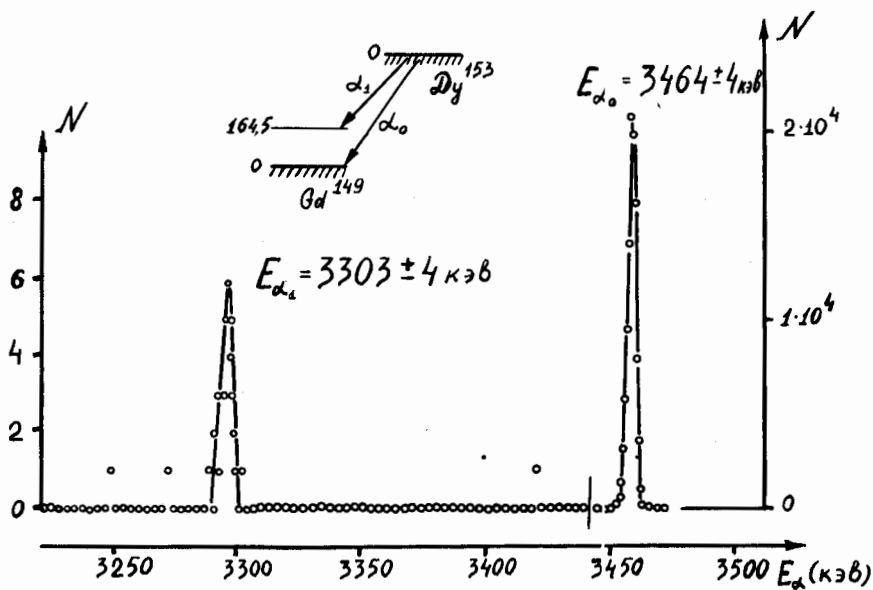


Рис. 37. α -спектр и схема распада Dy^{153} . По оси ординат отложено число α -треков в полоске $0,8 \times 40 \text{ мм}^2$. Время экспозиции - 12 час.

2. Поиски короткоживущих изотопов велись совместно с ЛНФ. Авторам этих работ удалось открыть девять новых изотопов: Re - 175, Re - 176, Sm - 140, Sm - 141, Hg - 175 (3,9 сек), Hg - 180 (4,6 сек), Hg - 181 (1,7 сек), Hg - 182 (9,1 сек), Hg - 183 (25 сек). Часть изотопов была выделена из мишени, облученной на ускорителе У-300. Изучались схемы распада и квантовые числа многих других изотопов, в том числе Nd - 138, Tb - 152. Осуществлена идентификация трехквaziчастичных уровней Er - 163, коллективного бета-вибрационного уровня Gd - 155 и уровней типа 0^+ Er - 164. Указанные уровни были предсказаны сверхтекучей моделью ядра, разрабатываемой в ЛТФ В.Г.Соловьевым, Н.И.Пятовым и другими.

Успех наиболее трудных из перечисленных выше экспериментальных работ связан в значительной мере с совместным использованием двух современных приборов: бесфонового бета-спектрометра ЛЯП и гамма-спектрометра на кристалле германия (ЛНФ). Применение этих приборов позволило исследовать, например, сложную схему распада Tb - 152 (см. рис. 38).

Успешно развивалось сотрудничество с Институтом теоретической физики имени Н.Бора в Копенгагене. На препаратах, присланных из Дубны, объединенной группе физиков Копенгагена и Дубны с помощью высококлассной аппаратуры

института Н.Бора удалось получить интересные результаты при изучении схем распада изотопов европия.

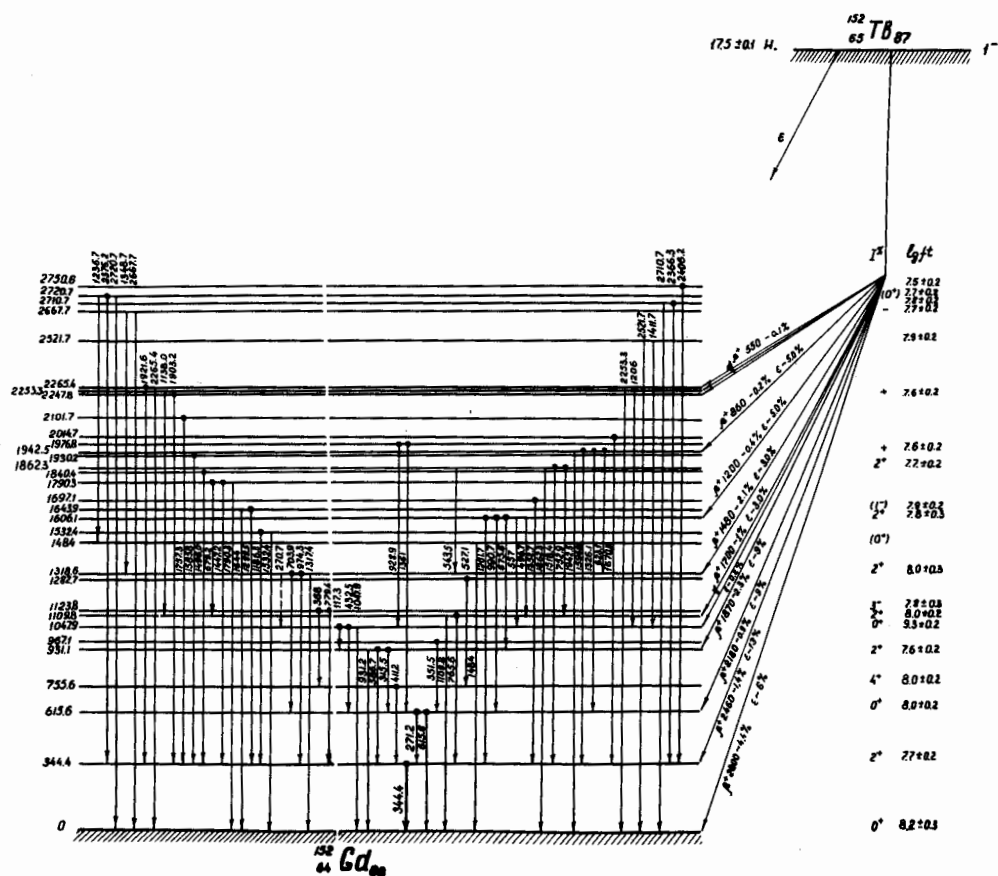


Рис. 38. Схема распада Tb^{152}

3. Р а д и о х и м и ч е с к и е и с с л е д о в а н и я. Одна из радиохимических работ была посвящена проблеме использования экстракционной хроматографии для разделения смесей редкоземельных элементов с различием содержания компонент на 5–10 порядков. В такой постановке эта задача была сформулирована впервые. В текущем году авторам уже удалось провести очень быстрое разделение близких по свойствам радиоактивных элементов при различии в интенсивности излучения на 5 порядков. Результаты исследований оказались весьма полезными для повышения чувствительности анализа иттрия, и в настоящее время метод, разработанный в ОИЯИ, используется рядом организаций, ведущих работы по очистке иттрия от редкоземельных элементов.

Другой эксперимент также связан с разделением микро - и макроколичеств редких земель. Было предложено анионообменное разделение с использованием водно-метанольных растворов нейтральных нитратов. Оригинальность решения и полученные результаты позволили Комитету по делам изобретений и открытий СССР признать предложенный метод разделения изобретением.

4. И с л е д о в а н и я я д е р н ы х р е а к ц и й. В работе сотрудников ЛЯП, проводившейся совместно с учеными ЛТУ и ФИАН СССР, получены интересные результаты при исследовании простейших реакций типа (p, p) и $(p, 2p)$ на ядрах Cs^{133} и (p, p^+) на ядрах Co^{59} , а также при изучении процесса фрагментации в ядрах с $z \approx 10-15$ (в частности, вылет ядер C^{11} , F^{18} , Na^{24} из Al^{27}).

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

<p>10.06 20 Sc СКАНДИЙ</p>	<p>32 72.39 Ti ТИТАН</p>	<p>39 91.22 40 Zr ЦИРКОНИЙ</p>	<p>42 92.906 43 Nb НИОБИЙ</p>	<p>52 127 Mo МОЛИБДЕН</p>
<p>37 65.38 Zn ЦИНК</p>	<p>31 69.72 Ga ГАЛЛИЙ</p>	<p>40 91.22 41 Y ИТРИЙ</p>	<p>50 118.69 Sn ОЛОВО</p>	<p>51 121.75 Sb СУРЬМА</p>
<p>48 112.40 Cd КАДМИЙ</p>	<p>49 114.82 In ИНДИЙ</p>	<p>57 178.49 Hf ГАФНИЙ</p>	<p>72 180.948 Ta ТАНТАЛ</p>	<p>73 181 W ВОЛФРАМ</p>
<p>56 137.34 Ba БАРИЙ</p>	<p>57 138.91 La ЛАНТАН</p>	<p>82 207.19 Pb СВИНЕЦ</p>	<p>83 208.980 Bi ВИСМУТ</p>	<p>84 208.980 Po ПОЛОНИЙ</p>
<p>80 200.59 Hg РУТУТЬ</p>	<p>81 204.37 Tl ТАЛЛИЙ</p>	<p>89 201-209 Au ЗОЛОТО</p>	<p>104 269 Cu КУРЧАТОВИЙ</p>	<p>105 270 Zn ЦИНК</p>

Лаборатория ядерных реакций

В 1966 году в Лаборатории ядерных реакций проводились работы по синтезу новых изотопов трансурановых элементов и исследованию их физических и химических свойств, изучению природы аномального спонтанного деления ядер в изомерном состоянии, исследованию протонно-радиоактивных ядер, изучению механизма взаимодействия тяжелых ионов с ядрами, а также работы в области ядерной спектроскопии. Эксперименты проводились на циклотронах У-150 и У-300.

Синтез изотопов трансурановых элементов (ТУЭ) и исследование их физических и химических свойств

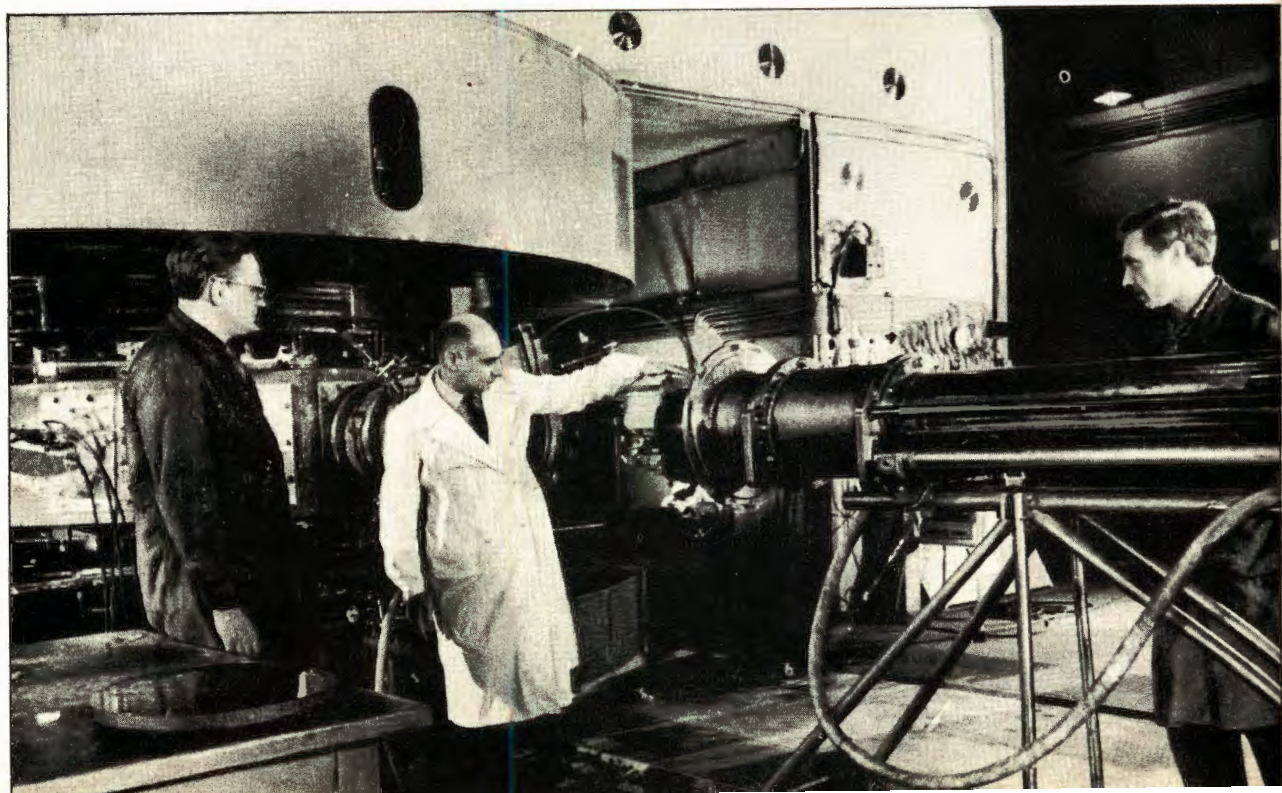
1. Синтез новых ТУЭ и исследование их физических свойств. В 1966 году закончены исследования радиоактивных свойств (периоды полураспада, энергии альфа-распада и соотношения между альфа-распадом и электронным захватом) ряда изотопов эйнштейния, фермия и 102-го элемента.

Все эксперименты в 1965-1966 годах проводились на внутреннем и внешнем пучках 310-сантиметрового циклотрона и выведенном пучке 150-сантиметрового циклотрона с помощью метода адсорбции ядер отдачи из газовой струи. Элементы 99 и 100. По легким изотопам эйнштейния и фермия в литературе имеется очень небольшая информация. Достаточно сказать, что нет определенных данных о свойствах Es^{246} и Es^{247} , отсутствуют количественные данные о соотношении альфа-распада и электронного захвата. Слабо был изучен Fm^{249} , совсем отсутствует информация о Fm^{246} и Fm^{247} . Экспериментальные результаты по перечисленным изотопам приведены в табл. 4.

Таблица 4

Изотоп	Реакция	Вид распада	$T_{1/2}$ сумм.	Мэв		
Es^{245}	$U^{238}(N^{14}, 7n)$	α	1,33 мин	7,70	8мин.	1,6мин
	$U^{238}(N^{14}, 4n)$	Э.З.				
Es^{246}	$U^{238}(N^{14}, 6n)$	Э.З.	7,7 мин	7,33	78мин.	8,5мин
Es^{247}	$U^{238}(N^{14}, 5n)$	α	5 мин	7,33	76мин.	5,4мин
Fm^{246}	$U^{238}(O^{16}, 5n)$	α	$1,4 \pm 0,6$ сек	8,23	-	-
	$Pu^{239}(C^{12}, 5n)$		$1,6 \pm 0,4$ сек	8,25	-	-
Fm^{247}	$Pu^{239}(C^{12}, 4n)$	α	35 ± 5 сек	7,87 70%	-	-
				7,93 30%		
Fm^{247m}	$Pu^{239}(C^{12}, 4n)$		$9,2 \pm 2,3$ сек	8,18	-	-
Fm^{248}	$Pu^{240}(C^{12}, 4n)$	α	36 ± 10 сек	7,85	-	-
	$Np^{237}(N^{15}, 4n)$		39 ± 9 сек	7,85	-	-
	$U^{238}(O^{16}, 6n)$		36 ± 4 сек	7,88	-	-
Fm^{249}	$U^{238}(O^{16}, 5n)$	α	$2,6 \pm 0,7$ мин	7,53	6,5мин	4,5мин
	$Pu^{242}(C^{12}, 5n)$	Э.З.	$2,5 \pm 0,5$ мин	7,52		

Следует отметить хорошее согласие данных по альфа-распаду Es^{245} и Fm^{248} , полученных в Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ, с результатами Беркли. Что касается Fm^{249} , впервые синтезированного в Институте атомной энергии им. Курчатова в Москве в 1959 году, то работы ЛЯР ОИЯИ дают несколько другое значение энергии альфа-распада ($7,53$ Мэв вместо $7,9 \pm 0,3$ Мэв) при хорошем совпадении периодов полураспада. Это, как показывает анализ, по-видимому, связано с особенностями использования фотоэмульсий на внутреннем пучке циклотрона в ИАЭ.



Э л е м е н т 102. Результаты экспериментов по синтезу 102^{256} , проведенные в Лаборатории ядерных реакций в 1963 году, сильно расходились с теоретическими оценками, основанными на данных о свойствах изотопа 102^{254} , синтезированного в Беркли в 1958 году. В связи с этим в Дубне в 1964 году были предприняты эксперименты по проверке свойств изотопа 102^{254} . К удивлению, было обнаружено, что этот изотоп обладает свойствами, сильно отличающимися от указанных Калифорнийской группой. В 1966 году продолжались опыты по более детальному изучению 102^{254} , включая спонтанное деление. Установлено, что этот изотоп живет не 3 сек, а примерно 70 сек; энергия альфа-частиц составляет не 8,3 Мэв, а 8,11 Мэв; на долю спонтанного деления приходится не 30%, а всего $\approx 0,06\%$.

Результаты исследований свойств 102^{256} и 102^{254} показали необходимость проведения опытов по изучению свойств других изотопов элемента 102. В 1966 году такие опыты были проведены. Изотопы с массовыми числами 252, 253, 254, 255, 256 были получены на выведенном пучке 310-сантиметрового циклотрона в опытах по облучению Pu^{242} и Pu^{239} ионами O^{16} и O^{18} . Схематическое изображение экспериментальной камеры дано на рис. 41.

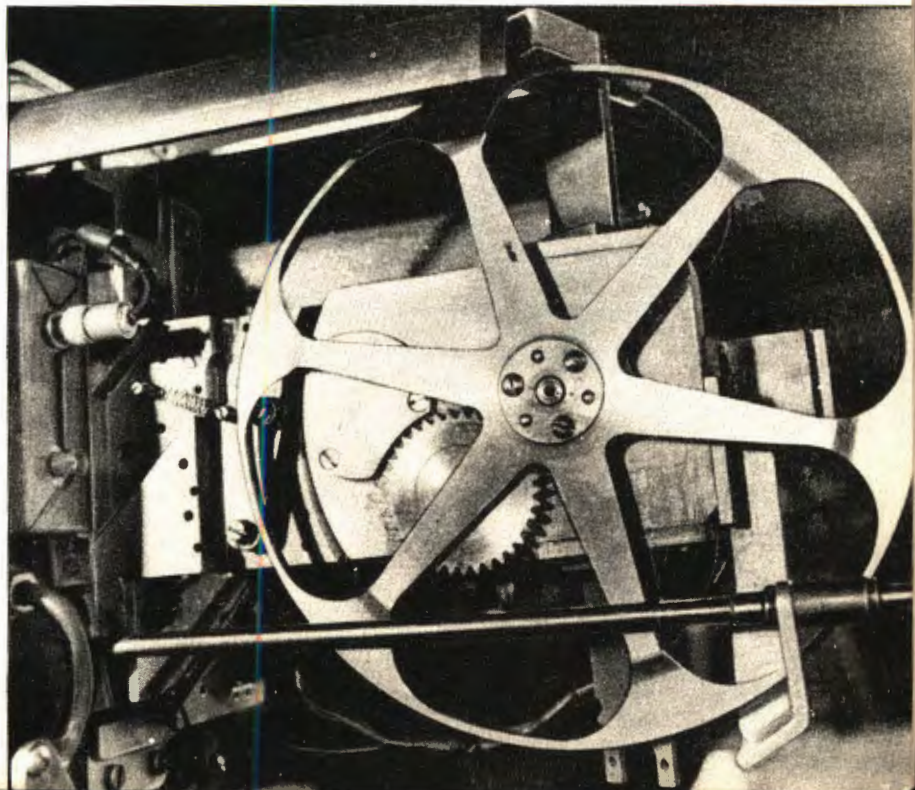
Изотопы 102-го элемента с массовыми числами 255 и 256 были синтезированы также в опытах по облучению U^{238} ионами Ne^{22} на внутреннем и отклоненном пучке 310-сантиметрового циклотрона. Схематическое изображение установки дано на рис. 42. Идентификация изотопов проводилась по периодам полураспада, энергиям испускаемых α -частиц, функциям возбуждения и дочерним продуктам.

◀ Рис. 39

Пробник для изучения альфа-активных изотопов трансурановых элементов на внутреннем пучке 310-сантиметрового циклотрона. На снимке - главный инженер ЛЯР В.И.Кузнецов, директор лаборатории Г.Н.Флеров и лаборант Ю.В.Полубаринов проверяют подготовку пробника к эксперименту.

Рис. 40 ▶

Внутреннее устройство пробника для синтеза трансурановых элементов. На переднем плане виден кольцевой сборник ядер отдачи; сверху-кремниевый детектор альфа-частиц.



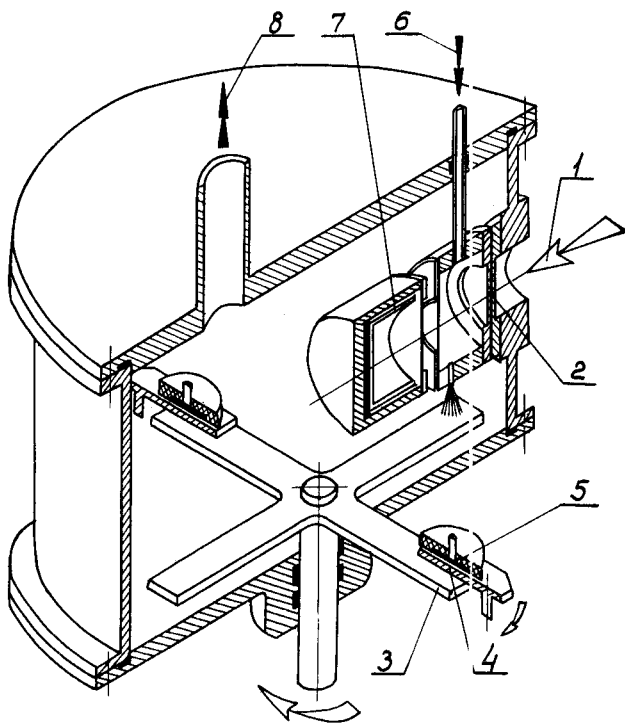


Рис. 41. Схема установки для исследования α -распада изотопов трансурановых элементов на выведенном пучке методом адсорбции атомов отдачи из газовой струи. 1 - пучок ионов, 2 - кассета с мишенью, 3 - сборник атомов отдачи, который периодически поворачивается на 90° , 4 - подвижный экран, вводимый дистанционно между сборником (3) и полупроводниковым детектором (5) на время регистрации α -распада дочерних ядер, 6 - трубка для подачи гелия под давлением 0,5 - 1 атм в объем с мишенью, 7 - цилиндр Фарадея, 8 - трубопровод для откачки гелия, выходящего из отверстия $\varnothing = 0,5$ мм в объеме с мишенью. Давление гелия в области расположения полупроводниковых детекторов составляет 1-3 тор.

Типичные спектры α -частиц изотопа 102^{258} из реакции $\text{Pu}^{239}(\text{O}^{18}, 4\text{n})$ и изотопа 102^{252} из реакции $\text{Pu}^{239}(\text{O}^{18}, 5\text{n})$ представлены на рис. 43. Типичные функции возбуждения даны на рис. 44. Последние наиболее достоверные сведения о свойствах некоторых изотопов, полученные в ЛЯР, приведены в таблице 5 и на рис. 45.

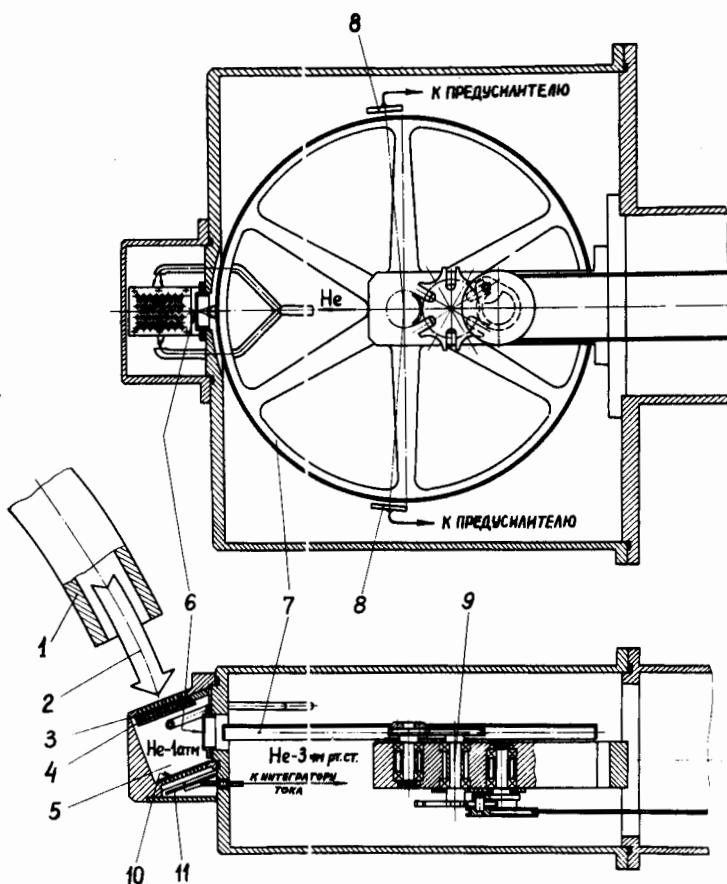
2. Исследования химических свойств трансурановых элементов. В 1966 году были закончены эксперименты по изучению химических свойств и, следовательно, независимой химической идентификации 104-го элемента (курчатовия) и впервые изучались некоторые химические свойства элемента 102.

104-ый элемент. Первый изотоп 104-го элемента, спонтанно делящийся 104^{260} , был открыт и идентифицирован физическими методами в ЛЯР (1964 год) при облучении мишени из плутония-242 ионами неона-22. Тогда было найдено,

что в продуктах одновременно протекающих ядерных реакций находятся еще два спонтанно делящихся нуклида Am^{242} ($T_{1/2} \approx 14$ мсек) и ^{102}Po ($T_{1/2} \approx 8$ сек), уже известные к тому времени. Согласно так называемой актинидной гипотезе, элемент с порядковым номером 104 должен быть аналогом гафния (IV группа), в то время как 102-ой и 103-ий элементы должны принадлежать к III-ей группе. Короткое время жизни изотопов и чрезвычайно низкий выход в ядерных реакциях исключали возможность проведения их химической идентификации с помощью известных стандартных радиохимических методов.

В 1961–1965 годах в лаборатории разрабатывался метод экспрессного непрерывного разделения элементов, основанный на разнице в летучести или же адсорбируемости молекул хлористых соединений элементов III-ей и IV-ой групп на поверхности твердых тел. Эта разница была использована для химической идентификации элемента 104. Опыты проводились на установке, принципиальная схема которой показана на рис. 46.

Рис. 42. Схема экспериментальной установки для исследования α -распада изотопов трансурановых элементов на отклоненном пучке. 1 - магнитный канал, 2 - пучок, 3 - фольга, отделяющая объем камеры ускорителя от реакционной камеры, 4 - мишень, 5 - реакционная камера, 6 - отверстие, 7 - сборник ядер-продуктов реакции, 8 - детекторы, 9 - мальтийский крест, 10 - фольга, отделяющая объем реакционной камеры от коллектора тока, 11 - коллектор тока.



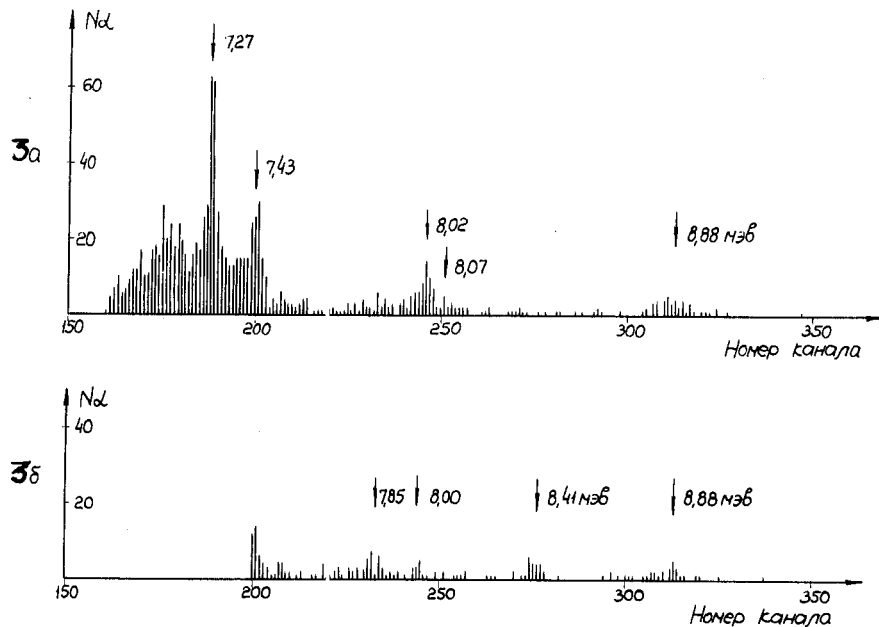


Рис. 43. а) Спектр α -частиц, полученный при облучении Pu^{239} ионами O^{18} с энергией 90 МэВ. Цикл накопления активности на сборнике и обсчёта детектором составлял 200 сек. Группа α -частиц с энергией 8,02 МэВ относится к изотопу 102^{253} . Группы α -частиц с энергией 8,88; 7,43 и 7,27 МэВ в основном обусловлены примесями свинца в мишени.
 б) Спектр α -частиц, полученный при облучении Pu^{239} ионами O^{18} с энергией 96 МэВ. Цикл накопления активности на сборнике и обсчёта детектором составлял 12 сек. Группа α -частиц с $E_{\alpha} = 8,41$ МэВ относится к изотопу 102^{252} .

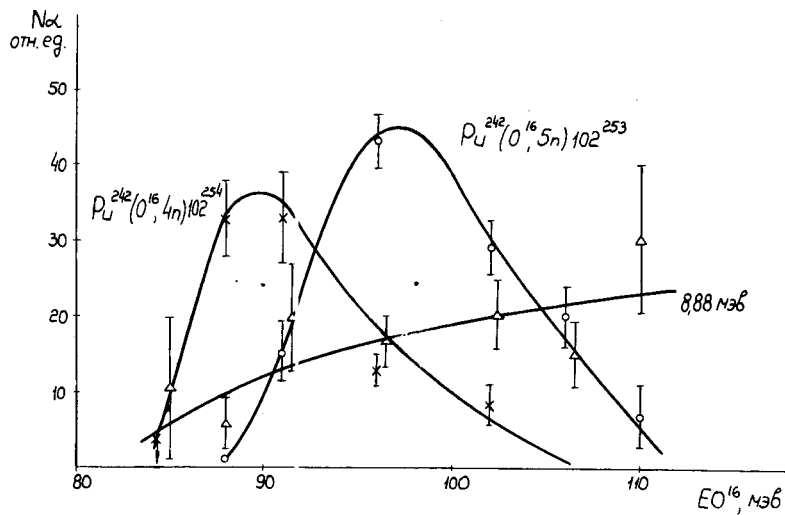
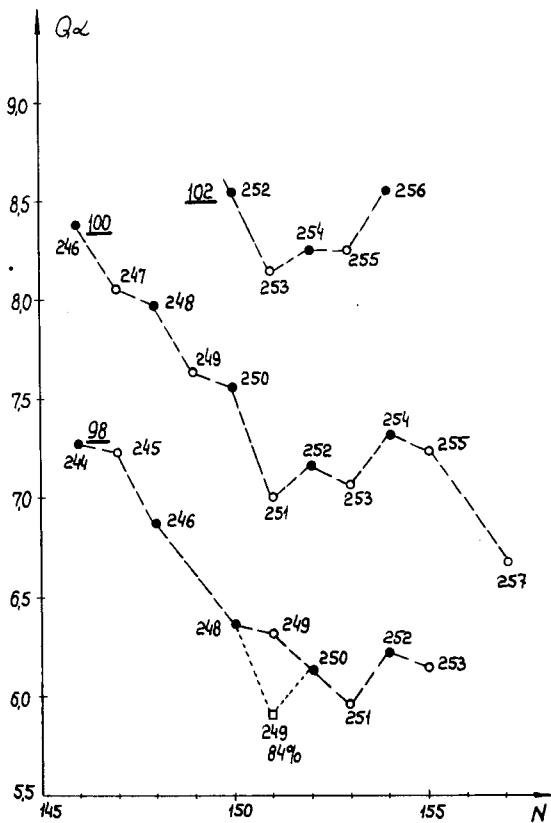


Рис. 44. Функция возбуждения при синтезе изотопов 102^{254} и 102^{253} в реакциях с ионами O^{16} .



◀ Рис. 45

Энергии α -распада изотопов Cf, Fm и 102 элемента в зависимости от числа нейтронов в ядре. Для нечётных изотопов, обозначенных светлыми кружками, приведенные значения относятся к наиболее интенсивным переходам.

Рис. 46

Принципиальная схема химической аппаратуры и осуществляемых в ней процессов. На действующей установке часть аппаратуры с мишенью находится внутри камеры ускорителя У-300, детекторы размещаются вне камеры на расстоянии 4-х метров от мишени за парафин-кадмиевой защитой, ослабляющей нейтронный поток от ускорителя.

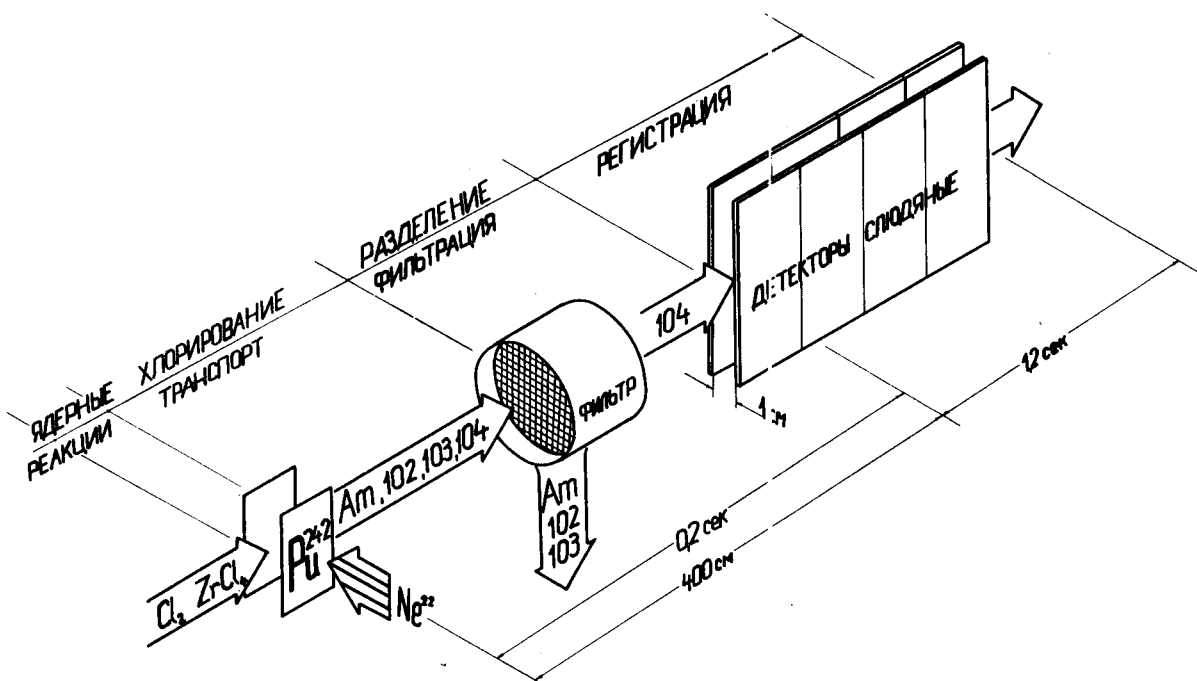
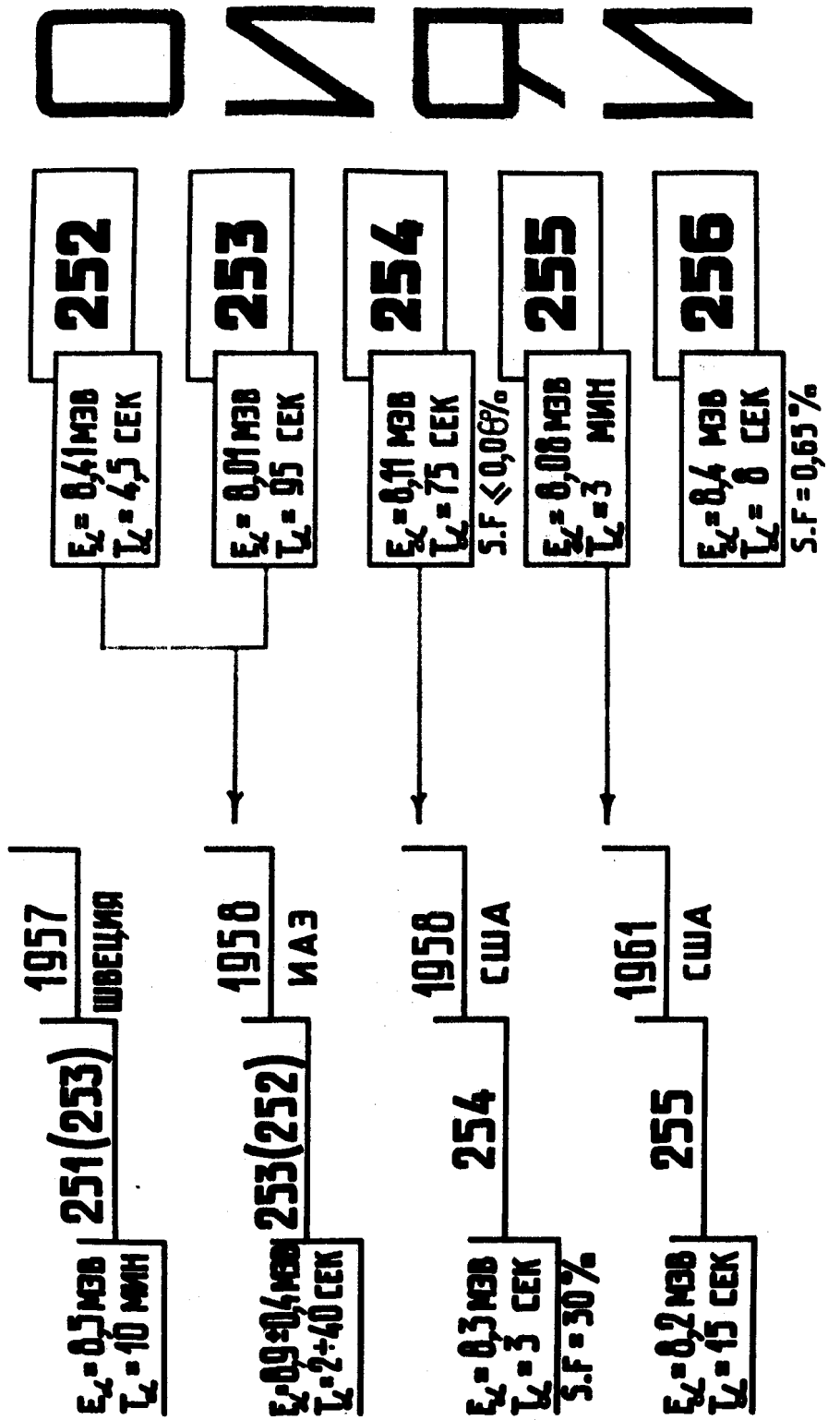


Таблица 5

102

1963 - 1966



В опытах одновременно синтезировались атомы элементов 104, гафния, кюрия и калифорния путем облучения мишени из $Pu + Sm$ ионами Ne^{22} при энергии 115 Мэв. Выбитые из мишени атомы тормозились сначала в потоке чистого азота и увлекались им механически на некоторое расстояние от мишени. Здесь в струю азота вводились пары $NbCl_5$ или смеси $NbCl_5 + ZrCl_4$, которые служили не только носителем, но и хлорирующим агентом (применение свободного хлора оказалось не обязательным). Далее газ проходил до фильтра по 4-метровой трубке, изготавливаемой из различных материалов. Фильтр, где отделялись хлориды элементов III-ей группы, как правило, состоял из мелких частиц материала, применяемого для трубки. После фильтра газ проходил путь вдоль детекторов за время около 0,7 сек.

В качестве детекторов осколков спонтанного деления 104^{260} применялась специально подготовленная слюда, которая после опытов обрабатывалась травлением для проявления скрытого изображения следов осколков деления и затем просматривалась с помощью микроскопа. Были приняты все меры для исключения и контроля вероятных источников "фоновых" следов на детекторах. Температура газового тракта в разных опытах менялась, один опыт продолжался 50-60 часов. Было проведено несколько серий экспериментов и получены следующие данные:

Температура трубки и фильтра	Носитель	Материал трубки и фильтра	Интегральный поток частиц	Число зарегистрированных актов деления
220-250°	$NbCl_5$	нерж.сталь	$20,9 \cdot 10^{17}$	2
220-250°	$NbCl_5 + ZrCl_4$	нерж.сталь	$4,5 \cdot 10^{17}$	1
220-250°	$NbCl_5 + ZrCl_4$	тефлон	$17,7 \cdot 10^{17}$	1
300-350°	$NbCl_5 + ZrCl_4$	стекло	$9,9 \cdot 10^{17}$	10

При температуре 220-250° число следов от осколков деления оказалось в 10-20 раз меньше ожидаемого от 104^{260} . При температуре 300-350° наблюдаемый эффект соответствовал ожидаемому. Кроме трех опытов, проведенных при энергии ионов 115 Мэв, был поставлен эксперимент при энергии ионов 125 Мэв, где выход изотопа 104^{260} падает в 10 раз, а эффективные сечения повышаются у Am^{242m} в 3 раза и у 102^{256} - в 8 раз. При этом актов деления на детекторах не зарегистрировано. Это подтверждает, что Am^{242m} и 102^{256} в заметной степени не регистрируются детекторами.

Распределение зарегистрированных актов деления вдоль детекторов во времени, представленное на рис. 47, совместимо с периодом полураспада $0,3 \pm 0,1$ сек, найденным при физической идентификации по 150 случаям.

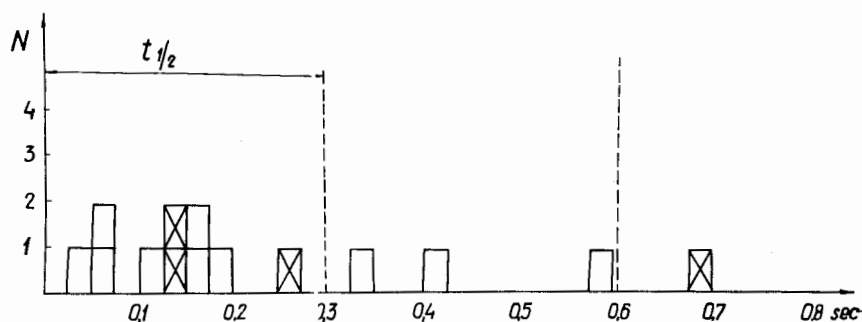


Рис. 47. Распределение зарегистрированных актов деления во времени (т.е. вдоль детекторов по ходу газа). Крестиками обозначены случаи, когда на противоположных детекторах зарегистрированы оба осколка делящегося ядра. Частота этих случаев согласуется с расчётной вероятностью таких событий.

Таким образом, было показано, что изотоп 104^{280} принадлежит элементу, который по свойствам хлорида близок к гафнию и резко отличается от тяжёлых актинидных элементов. Этим проведена независимая идентификация порядкового номера изучаемого изотопа 104-го элемента.

102-ой элемент. Подтверждение принадлежности курчатовия к IV-ой группе Периодической системы элементов Д.И. Менделеева даёт новый экспериментальный материал для решения вопроса о строении седьмого периода системы. Поэтому ввиду отсутствия экспериментальных данных о химических свойствах 102-го элемента были поставлены специальные опыты, чтобы установить, является ли действительно 102-ой элемент аналогом элементов III-ей группы или, наоборот, значительно отличается от них. Изучалось поведение 102-го элемента в сравнении с тербием, калифорнием и фермием в процессах хлорирования и адсорбции.

При облучении мишени ($U^{288} + Sm^{144}$) ионами Ne^{22} и O^{16} получались изотопы Tb^{149} ($T_{1/2} = 4,1$ часа), Cf^{246} ($T_{1/2} = 37$ часов), Fm^{250} ($T_{1/2} \approx 30$ мин) и 102^{256} ($T_{1/2} \approx 8$ сек), поведение которых изучалось в тех же условиях, что и в опытах с курчатовием. Из данных об эффективных сечениях ядерных реакций, приводящих к образованию перечисленных изотопов, следует, что 40% общего количества Fm^{252} , находящегося в продуктах длительного облучения, образовалась в результате распада 102^{256} . Существенная часть Cf^{246} является продуктом распада Fm^{250} .

После окончания облучения аппаратура разбиралась и продукты ядерных реакций смывались отдельно с трубки, инертного фильтра, химического фильтра и ловушки конденсата носителя (эти две части стояли на месте детекторов — см. рис. 46). Измерялось распределение указанных изотопов по этим частям аппаратуры. Было найдено, что доли атомов на инертном и химическом фильтрах, полученные для Fm^{252} , не превышают соответствующих долей для Cf^{246} и Tb^{149} . Это свидетельствует об отсутствии заметных различий в поведении исследованных элементов.

Полученные результаты показывают, что элемент 102 образует малолетучий хлорид. Тем самым получено прямое подтверждение подобия свойств хлоридов 102-го элемента, фермия, калифорния и ланганидов. Еще раз было подтверждено резкое различие в летучести или адсорбируемости хлоридов 102-го и 104-го элементов.

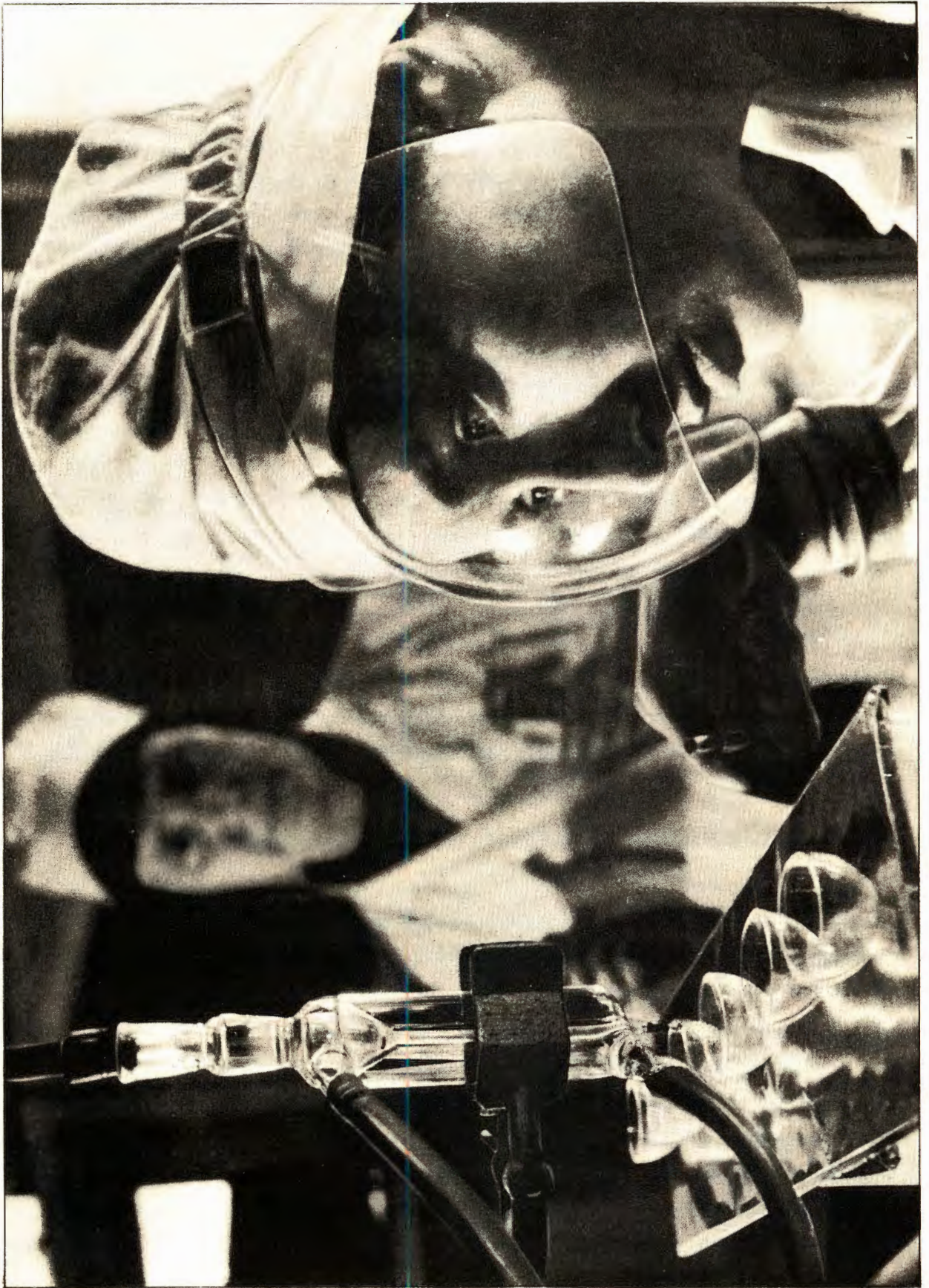
Изучение природы аномального спонтанного деления ядер в изомерном состоянии

Основные усилия были направлены на определение характеристик спонтанно делящихся изомеров: энергии и спина изомерных уровней. Был обнаружен также ряд новых делящихся изомеров.

1. Энергия возбуждения делящегося изомера Am^{242m} была определена по энергетическому порогу реакции $Am^{248} (n, 2n) Am^{242m}$.

Была изучена функция возбуждения этой реакции и показано, что она имеет ярко выраженный пороговый характер с $E_{\text{порог}} = (9,2 \pm 0,3)$ Мэв (рис. 49). Разница между этой величиной и порогом для образования Am^{242} в основном состоянии равна $(2,9 \pm 0,4)$ Мэв и интерпретируется как энергия изомерного уровня.

Работа была выполнена совместно румынскими и советскими физиками на циклотроне ИАФ (Бухарест).



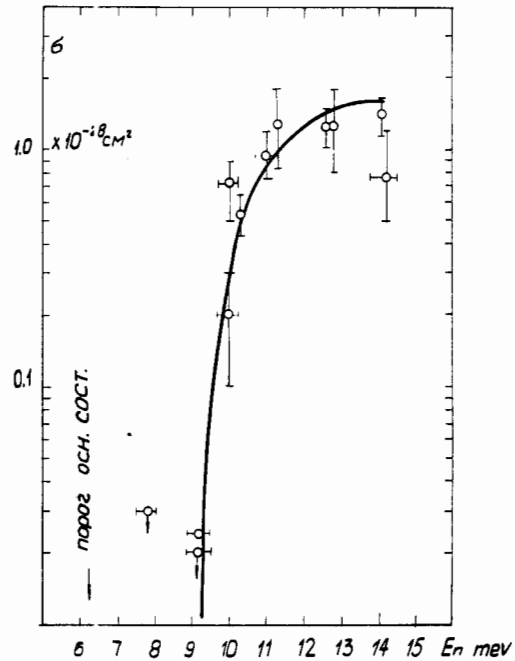
◀ Рис. 48

На протяжении нескольких лет группа радиохимиков Лаборатории ядерных реакций ведет работы по изучению свойств трансурановых элементов. Группа обеспечивает химическую часть различных физических работ. Кроме того, совместно с польскими учеными выполняются работы по изучению некоторых трансплутониевых элементов.

На снимке: мл. научные сотрудники И.И.Чубуркова и Н.С.Мальцева проводят химическое выделение фермия из облученной мишени.

Рис. 49 ▶

Зависимость сечения реакции $\text{Am}^{248}(\text{n}, 2\text{n})\text{Am}^{242\text{m}}$ с образованием спонтанно делящегося изомера от энергии нейтронов.



2. С п и н д е л я щ е г о с я и з о м е р н о г о с о с т о я н и я был оценен косвенно. Для этого изучалась зависимость изомерного отношения $\sigma_{\text{изом.}} / \sigma_{\text{осн.}}$ от среднего значения углового момента составной системы: а) при изменении энергии налетающих частиц; б) при переходе от легких налетающих частиц к тяжелым ионам. Эта зависимость чувствительна к спинам уровней изомерной пары. Полученные результаты сравнивались с аналогичными данными для обычных изомерных пар с известными характеристиками уровней (Hg^{197} , Au^{198} , Ir^{190}). На основании такого сравнения был сделан вывод о том, что спин делящегося изомера $\text{Am}^{242\text{m}}$, по-видимому, составляет несколько единиц \hbar .

3. Н о в ы е д е л я щ и е с я и з о м е р ы. В реакции $\text{U}^{238} + \text{C}^{12}$ обнаружен новый спонтанно делящийся изомер с периодом полураспада $0,8 \cdot 10^{-7}$ сек. Для наблюдения изомера с таким коротким временем жизни была использована установка, схематически изображенная на рис. 50. Деление ядер, распадающихся на лету, регистрировалось стеклянными детекторами. По форме функции возбуждения установлено, что изомерное состояние принадлежит, по-видимому, калифорнию - 246.

В реакциях $\text{Th}^{230} + \text{V}^{10}$ (рис. 51), $\text{Jh}^{280} + \text{V}^{11}$ обнаружены делящиеся продукты с периодами полураспада 2,6 мин и 1,4 мин, идентифицированные как Am^{284} и Am^{282} , соответственно.

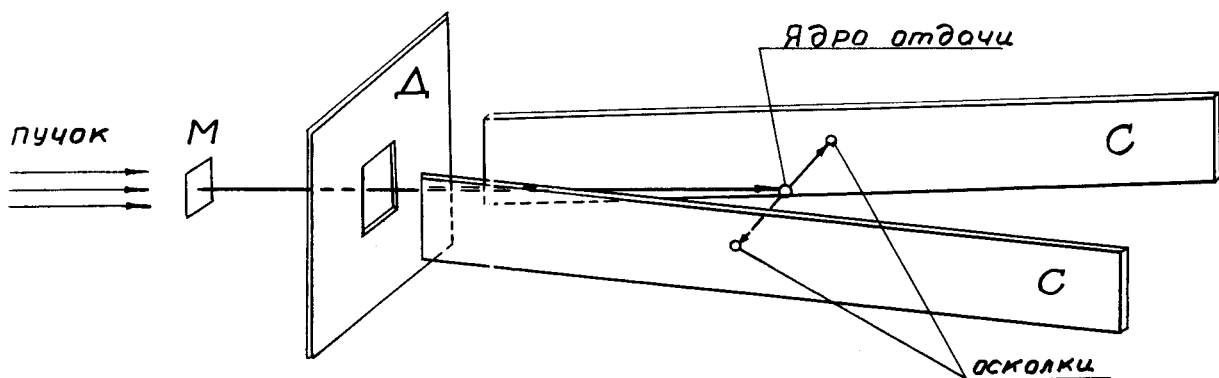


Рис. 50. Схема установки для наблюдения спонтанно делящихся изомеров с короткими временами жизни.

Рис. 51. Функция возбуждения реакции $\text{Th}^{230} + \text{B}^{10}$, приводящей к образованию 2,6-минутного и 1,4-минутного изомеров.

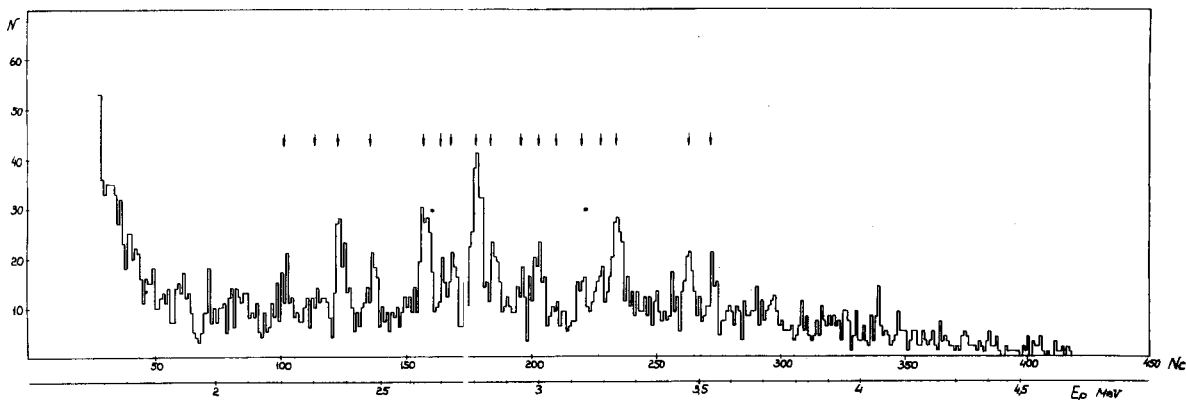
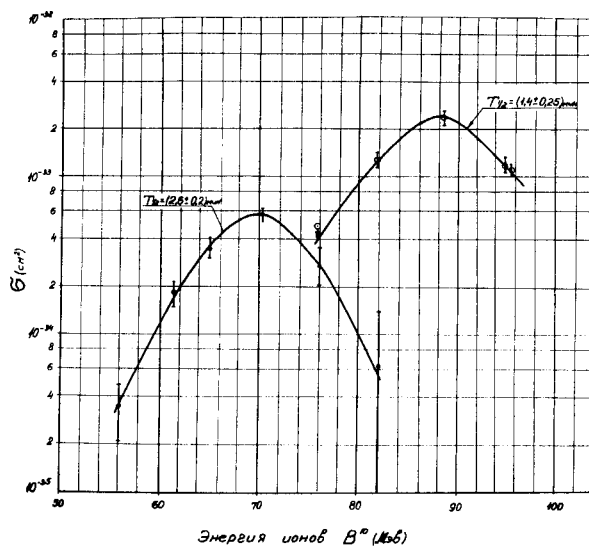


Рис. 52. Спектр протонов, полученный в реакции $\text{Pu}^{102} + \text{C}^{12}$ при энергии ионов $E_{\text{д.в.}} = 65 \text{ МэВ}$. Амплитудное разрешение аппаратуры и детектора $\approx 30 \text{ кэВ}$.

Данные систематики периодов спонтанного деления ядер показывают, что период спонтанного деления Am^{234} и Am^{232} в основном состоянии должен быть значительно больше, чем наблюдаемые значения. Поэтому возможно распад объяснить спонтанным делением изомеров Am^{234} и Am^{232} . Не исключено, однако, что здесь наблюдается не спонтанное деление изомеров, а запаздывающее деление после β -переходов на возбужденные уровни соответствующих изотопов плутония.

Исследования протонно-радиоактивных ядер

В 1966 году изучались свойства протонного излучателя с $T_{1/2} = 19$ сек, образующегося в реакции $\text{Po}^{102} + \text{C}^{12}$. Был измерен спектр протонов (рис. 52) с помощью полупроводникового детектора с разрешением (25–30) кэв. Измерена функция возбуждения. Из анализа ее формы следует, что изотоп с $T_{1/2} = 19$ сек есть Te^{111} . Проведен расчёт формы спектра на основе статистической модели и показано, что усредненная форма спектра может быть получена в определенных предположениях о зависимости матричного элемента в β -переходе от энергии возбуждения дочернего ядра. Хорошее согласие расчёта с экспериментом (рис. 53) получается в предположении, что $M^2 \rho = \text{const}$ (M – матричный элемент, ρ – плотность уровней дочернего ядра).

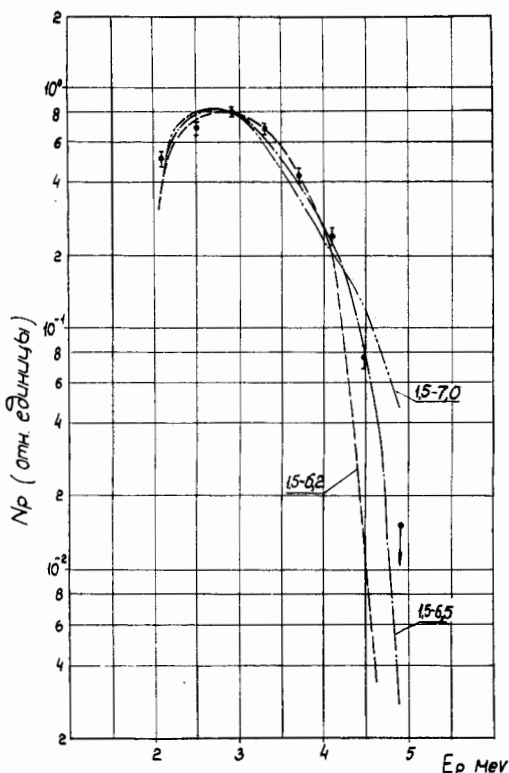


Рис. 53. Спектры запаздывающих протонов Te^{111} , рассчитанные по статистической модели. Цифры, относящиеся к кривым, означают следующее: первая цифра – энергия связи протона в Sb^{111} (Мэв), вторая – максимальная энергия K -захвата Te^{111} .

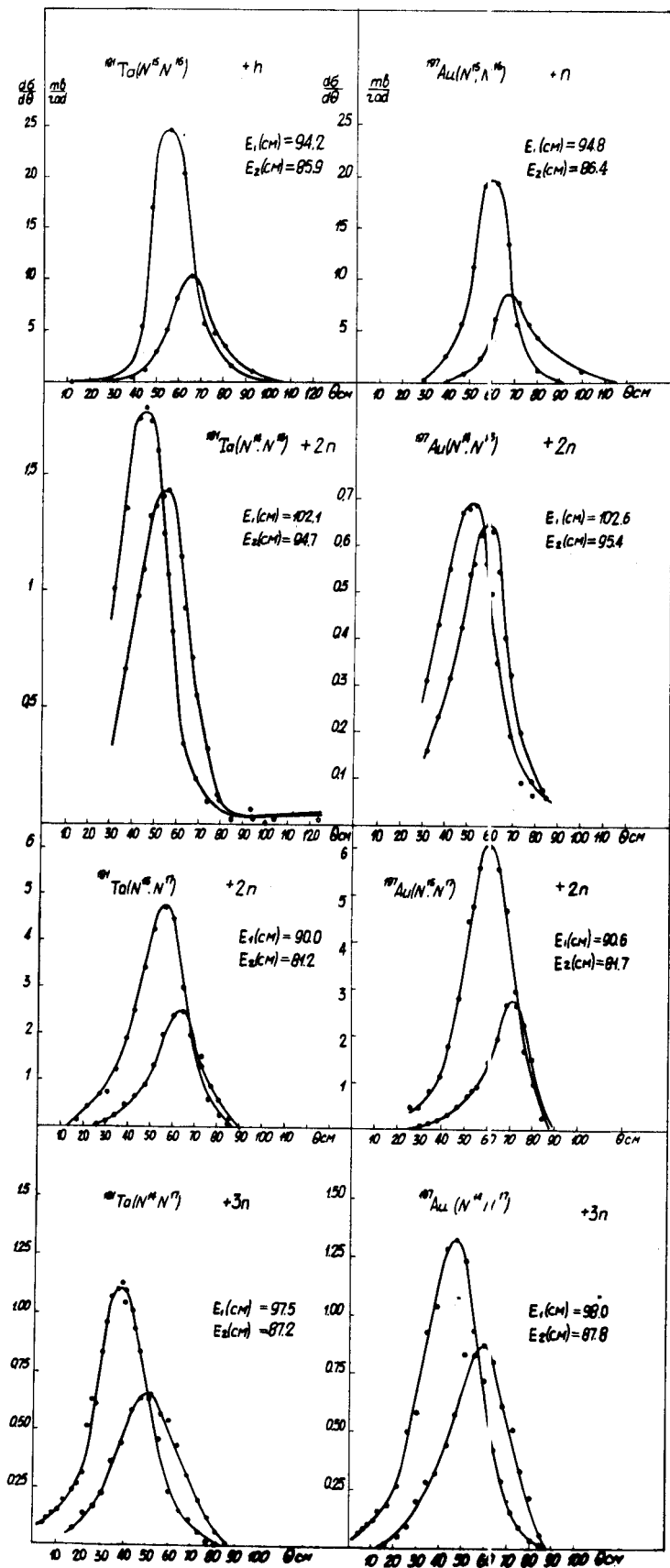


Рис. 54. Дифференциальные сечения реакций передачи одного (N^{16}, N^{16}); двух (N^{14}, N^{16}); (N^{15}, N^{17}) и трех (N^{14}, N^{17}) нейтронов. Для каждой реакции измерения проведены при двух значениях энергии ионов на мишенях ^{181}Ta и ^{197}Au .

Из этого же анализа получены данные об энергии β -перехода и энергии связи протона в ядрах Te^{111} и Sb^{111} соответственно.

На У-150 выполнена также работа по исследованию дочерних β -активных продуктов ρ -распада Sb^{111} . Цель этой работы - подтвердить идентификацию, проведенную по виду функции возбуждения. Регистрация продуктов ρ -распада была затруднена наличием фона за счёт радиоактивности, образующейся в других ядерных реакциях. Была разработана методика по удалению этого фона с поверхности алюминиевого сборника путем снятия тонких слоев окиси алюминия. После процедуры снятия фона удалось чётко выделить эффект, обусловленный распадом ядер отдачи от протонного распада, вошедших в глубину сборника. Таким путем было установлено, что продуктом ρ -распада является Sn^{110} . Это служит подтверждением вывода об идентификации протонного излучателя как Te^{111} .

Изучение механизма взаимодействия тяжелых ионов с ядрами

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

1. Были измерены дифференциальные сечения реакций передачи одного, двух и трех нейтронов при облучении Ta^{181} и Au^{197} ионами N^{14} и N^{15} . Во всех случаях (рис. 54) угловые распределения оказались близкими. Это говорит о том, что все процессы являются реакциями прямого типа, разыгрывающимися примерно в одной и той же геометрической области вблизи поверхности ядра. Сравнение сечений передачи одного и двух нейтронов (рис. 55) заставляет думать, что в реакции (N^{15} , N^{17}), в которой оба нейтрона могут перейти в близкие квантовые состояния, передаче двух нейтронов осуществляется в виде пары.
2. Реакция передачи 2-х нейтронов (N^{15} , N^{17}) на разделенных изотопах циркония Zr^{90} , Zr^{92} , Zr^{94} изучалась для выяснения связи между структурой ядра-мишени и параметрами реакции передачи. Zr^{90} имеет замкнутую нейтронную оболочку с $N = 50$, остальные изотопы - соответственно два и четыре нейтрона сверх нее. Как видно из рис. 56, угловые распределения для всех трех изотопов близки, тогда как эффективные сечения реакций различаются значительно. Полученные результаты свидетельствуют о том, что наиболее чувствительным к структуре ядра параметром реакции является ее эффективное сечение.

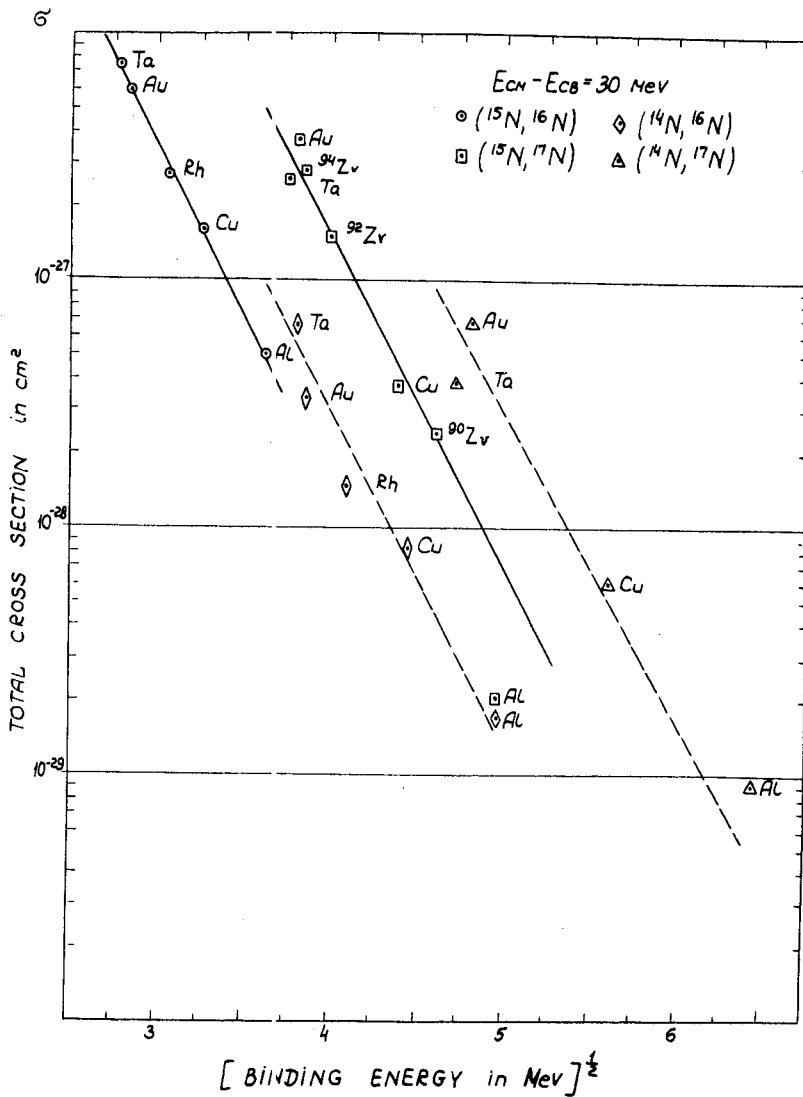
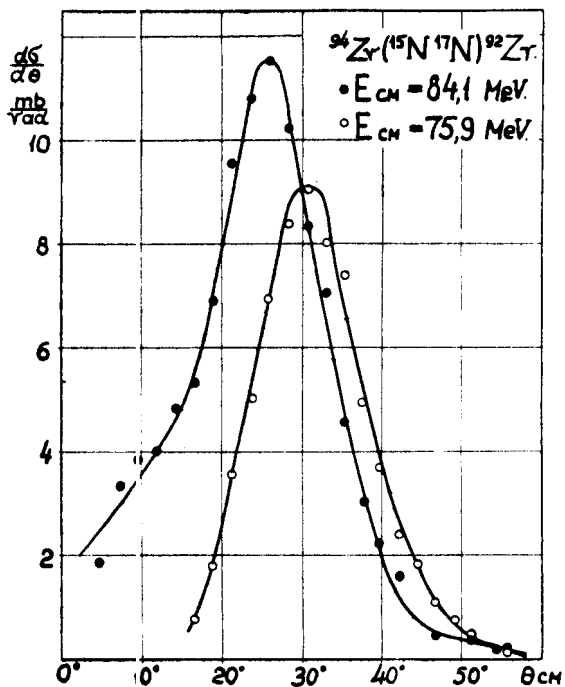
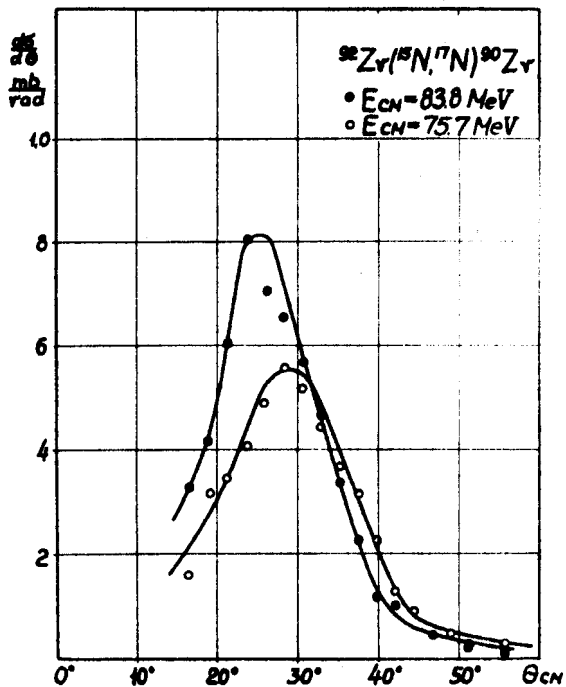
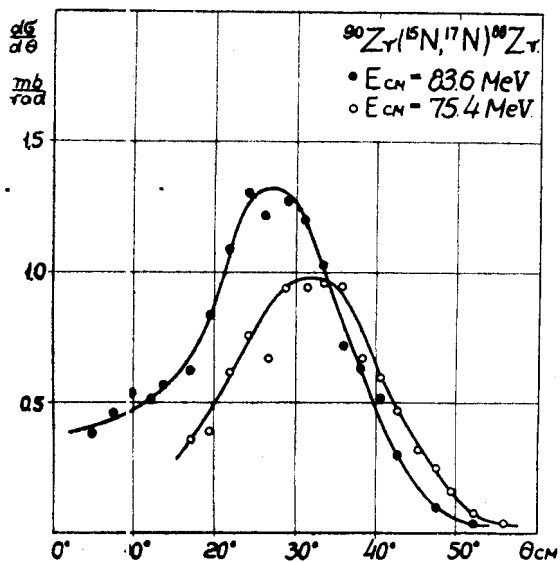


Рис. 55. Зависимость полного сечения реакции передачи одного, двух и трех нейтронов от энергии связи нейтронов в ядре-мишени. Сечения сравниваются при энергии ионов, на 30 Мэв превышающей высоту кулоновского барьера для данного изотопа.

3. При изучении передачи He^4 в реакции $\text{Al}^{27}(\text{N}^{14}, \text{F}^{18})$ в энергетическом спектре F^{18} наряду с группой, отвечающей переходу He^4 в связанные состояния F^{18} , обнаружен непрерывный спектр F^{18} , который тянется вплоть до малых энергий. Энергетическая и угловая зависимость обоих каналов реакции показана на рис. 57. Высказывается предположение, что такая картина энергетического спектра обусловлена наличием двух механизмов в реакции передачи He^4 . Один из них представляет собой квазиупругий

Рис. 56

Дифференциальные сечения реакции передачи 2-х нейтронов (N^{15}, N^{17}) на разделенных изотопах циркония $Zr^{90}, Zr^{92}, Zr^{94}$. Для каждого изотопа измерения сделаны при 2-х значениях энергии ионов.



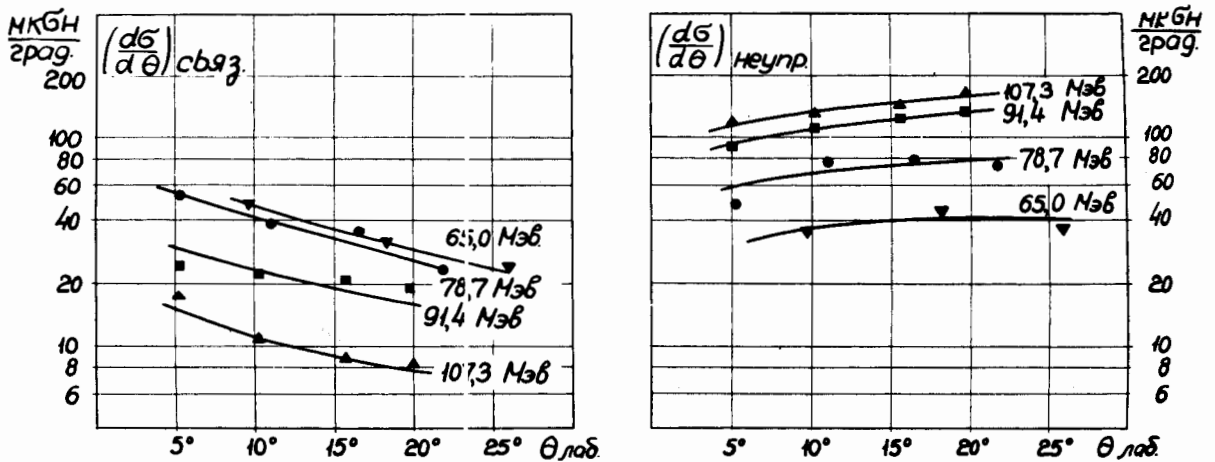


Рис. 57. Энергетическая и угловая зависимость сечения реакции $Al^{27}(N^{14}, F^{18})$. $(\frac{d\sigma}{d\theta})_{связ}$ - парциальная часть сечения для переходов в связанные состояния конечных ядер; $(\frac{d\sigma}{d\theta})_{неупр}$ - парциальная часть сечения, отвечающая непрерывному спектру F^{18} .

процесс; происходит он при касательном столкновении двух ядер и аналогичен реакции передачи нуклона. Другой механизм разыгрывается при меньших параметрах столкновения. В этом случае ядерное взаимодействие достигает значительной интенсивности, однако из-за большого углового момента и кулоновского отталкивания компаунд-ядро не образуется. На короткое время возникает система из двух сильно взаимодействующих ядер, которая затем распадается. При распаде от ядра к ядру может быть передана группа нуклонов. Реакция такого типа занимает как бы промежуточное положение между "чистой" прямой реакцией, и реакцией, идущей через компаунд-ядро.

4. Проводилось изучение особенностей реакции деления тяжелых ядер при высоких энергиях возбуждения. Были измерены сечения деления тяжелых ядер на три осколка и энергетические спектры осколков тройного деления в реакциях $U^{238}(Ar^{40}, 3f)$, $Bi^{209}(Ar^{40}, 3f)$, $U^{238}(Ne^{22}, 3f)$, $Au^{197}(Ne^{22}, 3f)$ при энергии ионов Ar^{40} и Ne^{22} от 8 Мэв/нуклон и ниже. Получены зависимости сечения процесса деления ядра на три осколка от энергии возбуждения делящегося ядра и от величины жидко-капельного параметра делимости. Обнаруженные закономерности не могут быть объяснены в рамках существующих представлений о тройном делении. В связи с этим была выдвинута гипотеза о последовательном или "каскадном" механизме деления на три осколка. Суть этой модели заключа-

ется в предположении, что тяжелый осколок, образовавшийся при асимметричном двойном делении тяжелого сильно возбужденного компаунд-ядра, обладает энергией возбуждения, достаточной для того, чтобы разделиться еще раз. Были проведены расчёты сечения этого процесса в зависимости от энергии возбуждения Z^2/A делящегося ядра. Полученные теоретические результаты хорошо согласуются с экспериментальными значениями сечения при высоких Z^2/A ($\approx 43,5$) и больших энергиях возбуждения (100–150 Мэв). Однако следует заметить, что при энергиях возбуждения ниже 110 Мэв для ядер с $Z^2/A = 40,5$ экспериментально обнаруженное сечение деления на три осколка превышает значение, рассчитанное согласно гипотезе "каскадного" деления. Это может свидетельствовать о присутствии эффекта "истинного" тройного деления в этой области энергии возбуждения и параметра делимости. Экспериментальные и теоретические результаты даны на рис. 58 и 59.

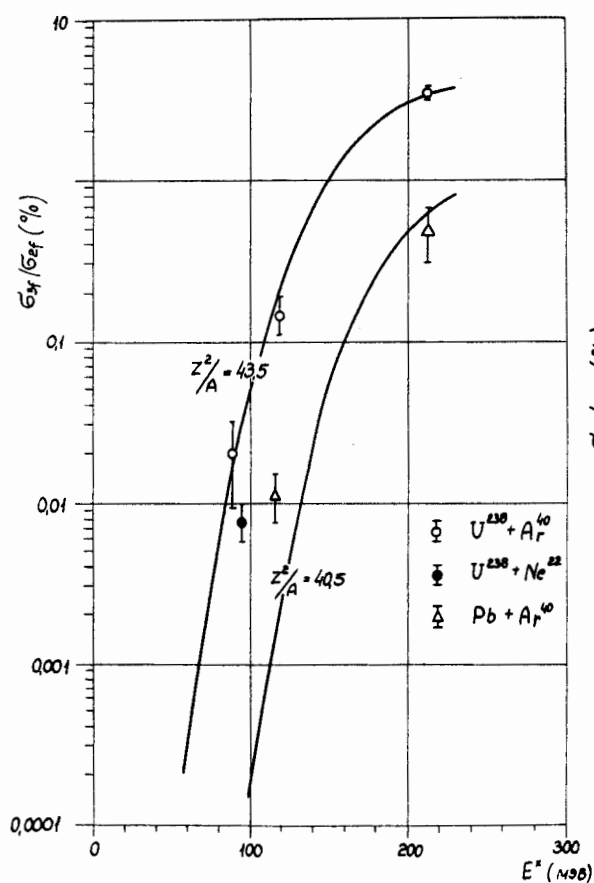


Рис. 58. Зависимость сечения деления на три осколка от энергии возбуждения для двух значений Z^2/A .

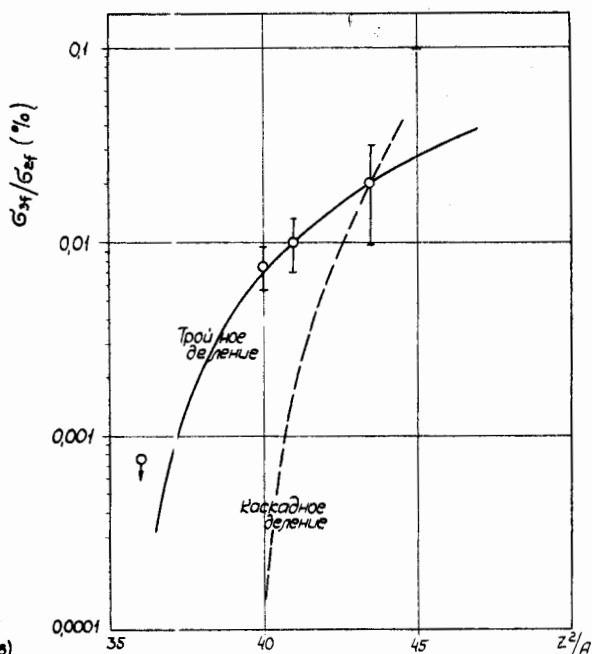


Рис. 59. Зависимость сечения деления на три осколка от Z^2/A при энергии возбуждения около 100 Мэв.

Были изучены также угловые распределения осколков двойного деления ядер Bi^{209} , Au^{197} , U^{238} ионами C^{12} , N^{14} , O^{16} , Ne^{22} различной энергии. Полученные из этих опытов значения момента инерции делящегося ядра в седловой точке в зависимости от параметра Z^2/A (рис. 60) хорошо согласуются с данными по делению различных ядер α -частицами. Эти результаты отличаются от данных ранее проведенного американскими учеными исследования угловых распределений осколков деления тяжелыми ионами,

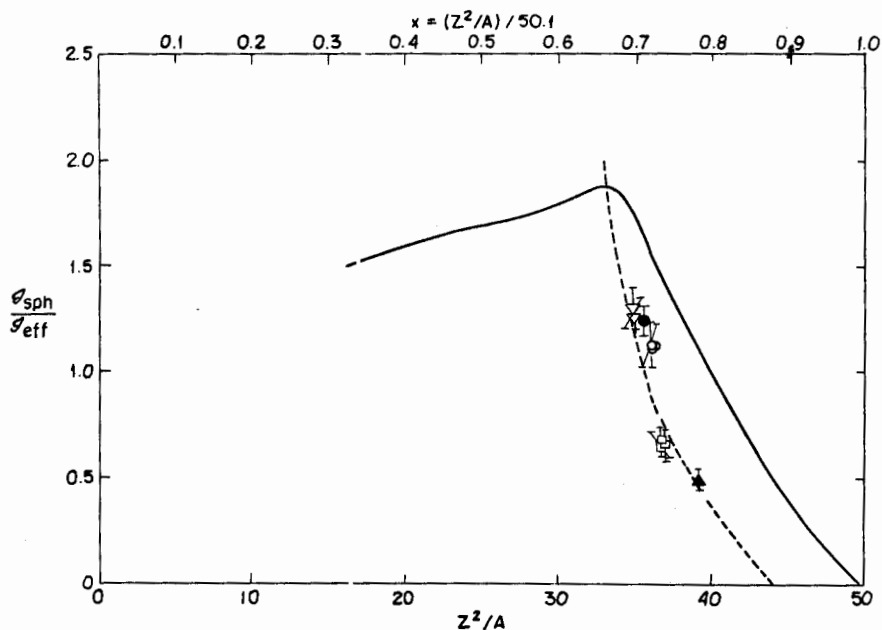


Рис. 60. Зависимость момента инерции ядра в седловой точке от параметра Z^2/A . Пунктирная кривая показывает зависимость, полученную при делении тяжелых ядер α -частицами, сплошная — расчёт на основе модели жидкой капли с $(Z^2/A)_{кр} = 50,1$.

где момент инерции делящегося компаунд-ядра оказывался неоднозначной функцией параметра Z^2/A . Это, вероятно, связано с недостаточно корректным расчётом величины углового момента делящегося ядра. В наших опытах угловой момент рассчитывался на основе измеренного углового распределения упруго рассеянных ионов в той же комбинации мишень — частица, что и угловое распределение осколков деления.

5. Проводились эксперименты по исследованию тройного деления ядер в реакциях Au , Bi , Th , $\text{U} + \text{Ar}^{40}$ с помощью детекторов из слюды. Методика слюдяных детекторов была усо-

вершенствована для исключения фона следов от ионов аргона. С этой целью слюда, облученная ионами аргона с максимальными удельными потерями (последние $\approx 15 \mu$ пробега), отжигалась при температуре от 300 до 600° и затем обрабатывалась в одинаковых условиях с контрольными детекторами. Наилучший результат был получен при температуре 400°C . Как видно из рисунка 61 (а,б), следы ионов аргона практически полностью устраняются в результате отжига.

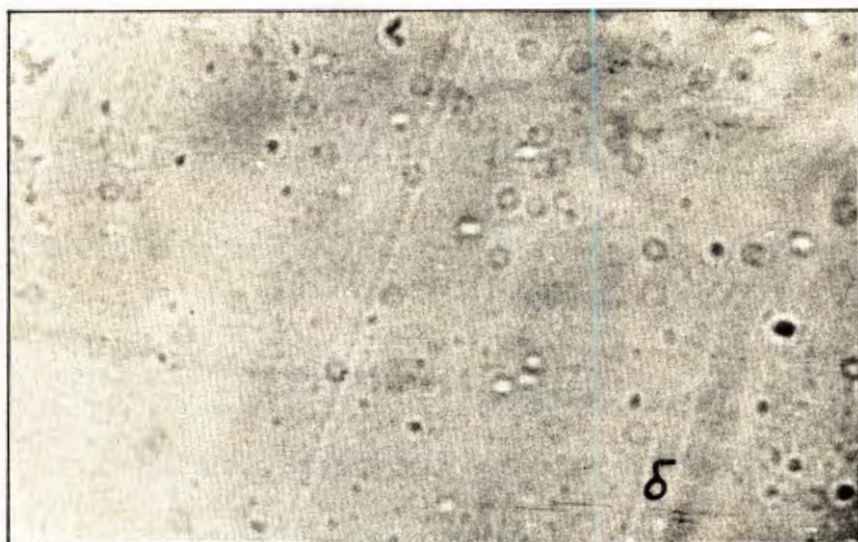
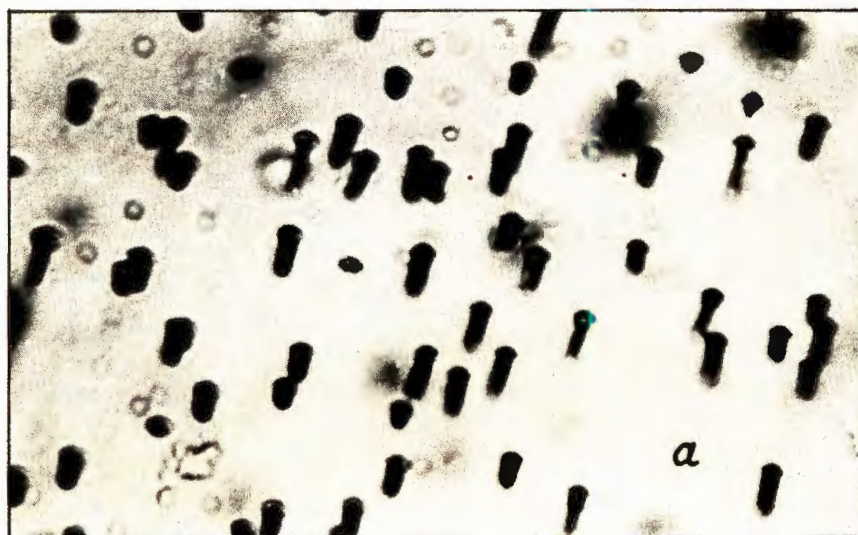


Рис. 61. а) Следы ионов аргона с максимальными удельными потерями $\frac{dE}{dx}$ в слюде мусковит, обработанной после облучения в 48% HF при 20°C в течение часа.
 б) Следы ионов аргона в слюде мусковит, отожженной в течение 8 час. при 400°C и обработанной в приведенном выше режиме.

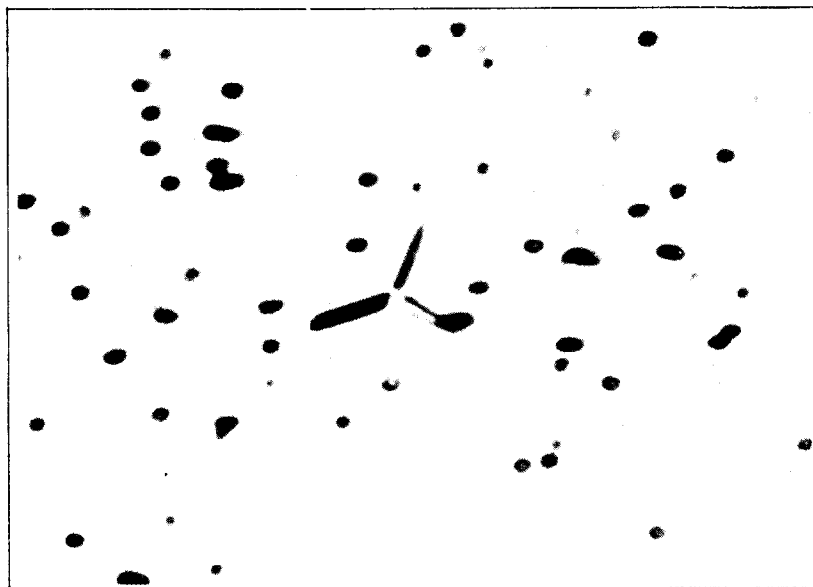


Рис. 62. Тройное деление U^{238} ионом Ar^{40} с энергией ≈ 290 Мэв.

Следы осколков деления при таком режиме отжига укорачиваются с 10,5 до $\approx 8 \mu$ и сохраняют форму пустотелых каналов с плоскопараллельными стенками.

Методика отжига была применена к сэндвичам, содержащим слои V, Th, Bi, Au и облученным потоком $10^{10} - 10^{11}$ ионов Ar^{40} с энергией 300 Мэв. На сэндвичах, содержащих U^{238} , было обнаружено 14 случаев тройного деления (рис. 62). Определена нижняя граница эффекта: $\sigma_3 / \sigma_2 \geq 1/1000$. Для мишеней из Au, Bi, Th случаев тройного деления достоверно зарегистрировать не удалось.

Работы в области ядерной спектроскопии

1. Изучалось кулоновское возбуждение ядер Os^{189} с помощью ионов углерода C^{12} при энергии 52 Мэв. Спектры гамма-излучения измерялись Ge(Li) полупроводниковыми детекторами. На рис. 63 приведен спектр, полученный для естественной смеси изотопов осмия, а на рис. 65 - для образца с содержанием 80,1% осмия-189 и 14,1% осмия-190. Определены

приведенные вероятности переходов: $\nu(E 2; 3/2^- \rightarrow 7/2^-) = (0,74 \pm 0,11) \cdot e^2 \cdot 10^{-48} \text{ см}^4$
 для возбуждения состояния 219,4 кэВ, $\nu(E 2; 3/2^- \rightarrow 3/2^-) = (0,08 \pm 0,02) \cdot e^2 \cdot 10^{-48} \text{ см}^4$
 для возбуждения состояния 233,6 кэВ. Полученные значения позволили сделать
 выводы о природе этих возбужденных состояний.

Разработана теория эффективного разрешающего времени при измерении
 совпадений на пучке циклотрона с учётом его естественной (высокочастотной)
 и принудительной модуляций. Экспериментально определена ширина сгустка уско-

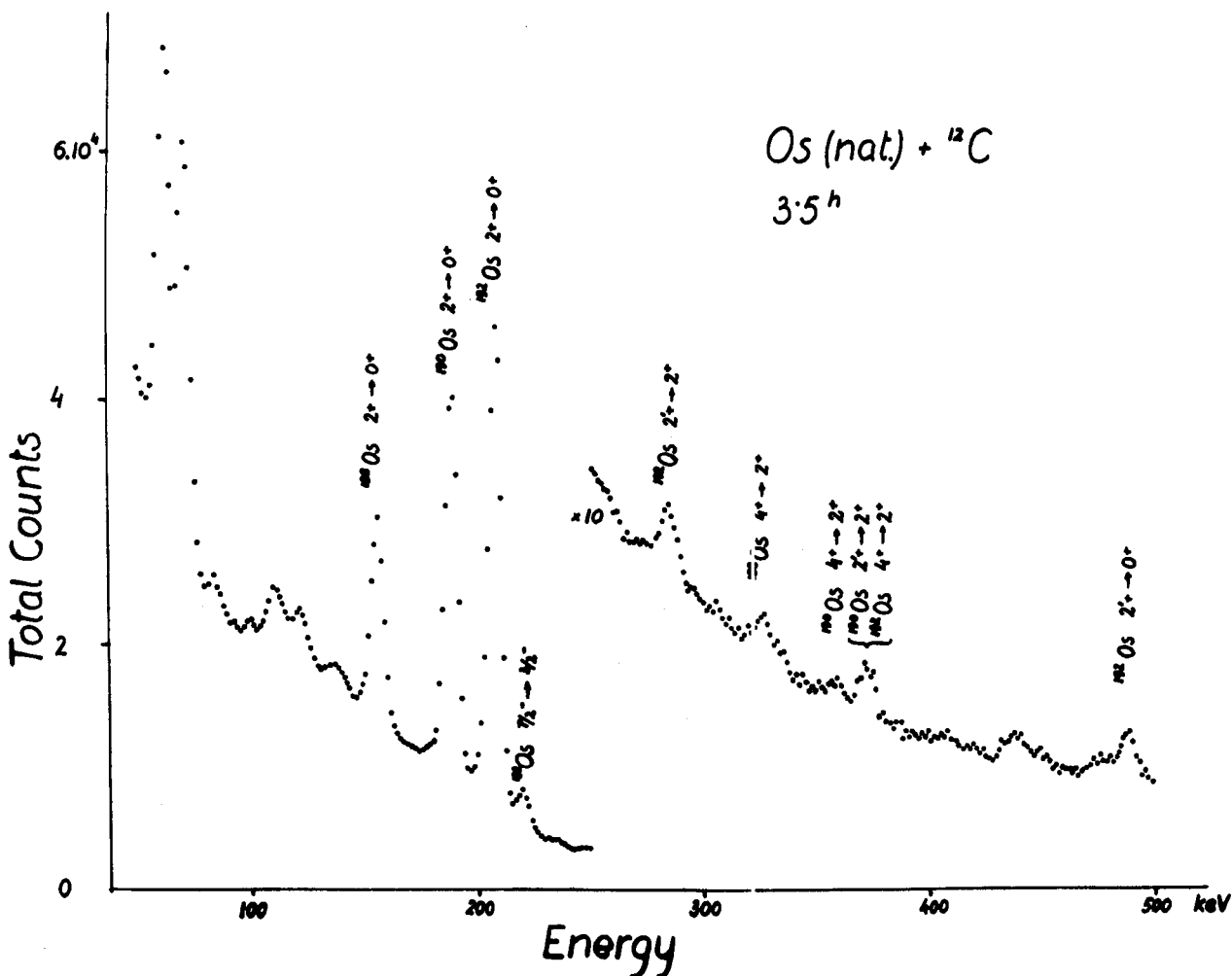


Рис. 63. Спектр γ -излучения, полученный при облучении естественной смеси
 изотопов Os ионами ^{12}C .

ренных ионов путем измерения задержанных случайных совпадений методом изменения времени задержки (рис. 66). Для пучка ионов циклотрона У-150 $\Delta t = 8$ нсек.

2. Изучались изомерные состояния нейтронно-дефицитных ядер в области $Z > 54$ и $N < 78$. Были обнаружены два новых изомерных состояния нечетно-нечётных изотопов лантана. Изомер La^{128m} был получен в реакциях $\text{Sn}^{118} (N^{14}, 4n)$; $\text{Sn}^{119} (N^{14}, 5n)$; $\text{Sn}^{120} (N^{14}, 6n)$ и $\text{Sb}^{121} (S^{12}, 5n)$. Он имеет период полураспада $(0,56 \pm 0,05)$ сек и распадается с испусканием двух гамма-квантов 104 и 67,5 кэв. Анализ спектра электронов внутренней конверсии, полученного с помощью кремниевого детектора, и спектра гамма-квантов, измеренного на германиевом детекторе, показал, что эти переходы образуют каскад E3 (104 кэв) – M1 (67,5 кэв).

Изомер La^{180m} был получен в реакциях $\text{Sn}^{122} (N^{14}, 6n)$ и $\text{Sb}^{123} (S^{12}, 5n)$. Измерен его период полураспада – $(9,2 \pm 0,5) \cdot 10^{-3}$ сек и энергия гамма-квантов – 95 кэв.

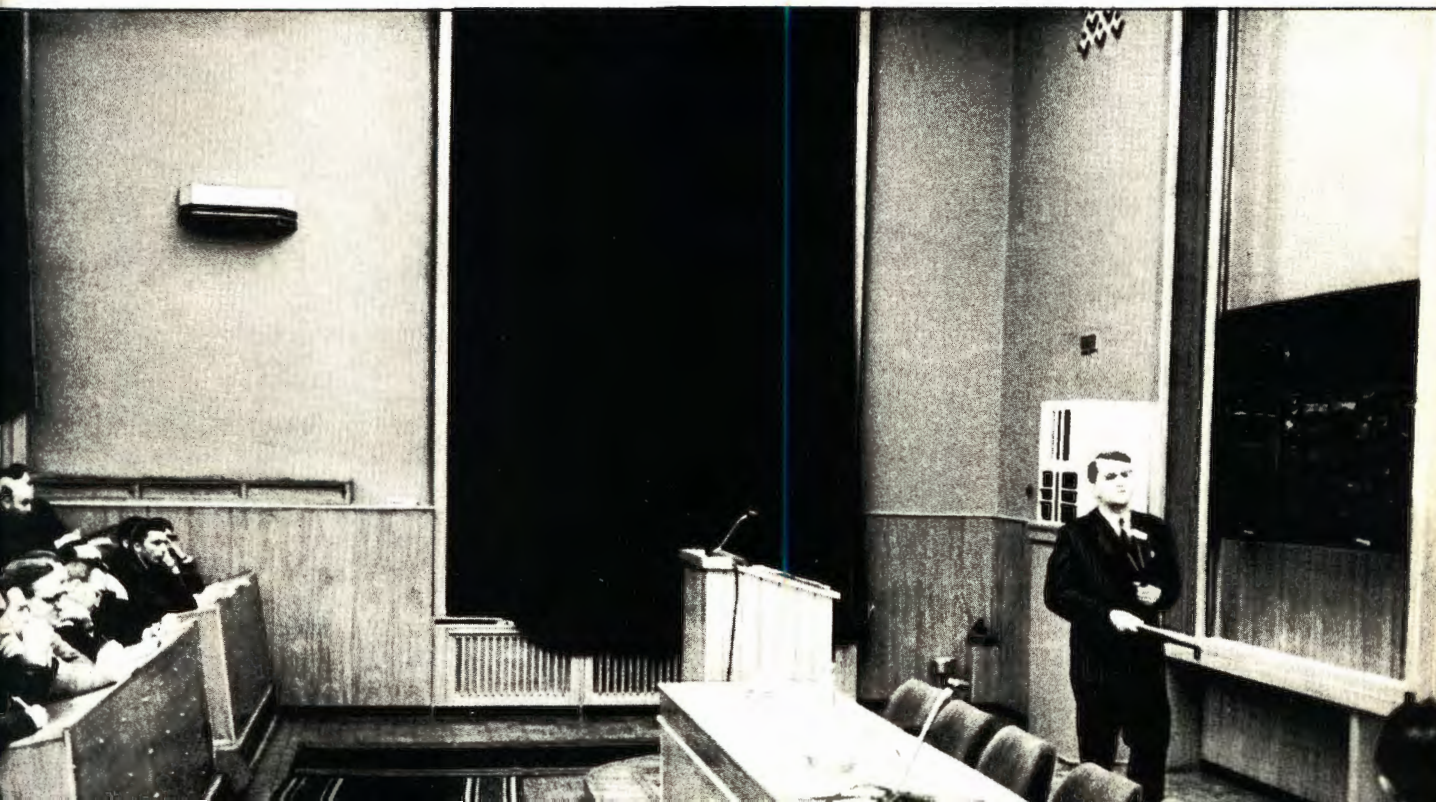
Рис. 64. 13–19 октября в Дубне состоялась Международная конференция по физике тяжелых ионов, организованная Объединенным институтом ядерных исследований. Вместе с представителями университетов и институтов стран-участниц ОИЯИ в работе конференции принимали участие физики Дании, Франции, Швеции, США, ФРГ, Канады и других стран.

На снимке: зал конференции. Доктор химических наук И.Звара докладывает результаты экспериментов по химической идентификации 104-го элемента.



В реакциях $Cd^{112}(N^{14}, 5n)Cs^{121}$ и $In^{113}(C^{12}, 4n)Cs^{121}$ обнаружено изомерное состояние Cs^{121m} с периодом полураспада $(0,50 \pm 0,05)$ сек и с энергией (98 ± 5) кэв. Из сравнения спектров электронов внутренней конверсии Cs^{121m} и La^{128} следует, что переход имеет мультипольность M2 и является сильно запрещенным (фактор запрета $1,5 \cdot 10^4$). Получены также данные о свойствах основного состояния Cs^{121} , которые согласуются с ранее опубликованными.

Закончены работы по идентификации и исследованию свойств двух новых изомеров нейтронодефицитных изотопов золота с применением германиевого детектора. Выяснилось, что изомер с периодом полураспада 0,14 сек принадлежит Au^{187} и распадается с испусканием двух гамма-квантов 161,5 кэв (E3) и 110,5 кэв (M1) в каскаде. Активность с периодом полураспада 4,7 мин обнаружена также в реакции $Ta + C^{12}$ и идентифицирована как изомер Au^{189m} , распадающийся путем электронного захвата. В обоих случаях изомерным уровнем, по-видимому, является состояние $11/2^-$, которое обнаружено у других нечётно-чётных изотопов золота.



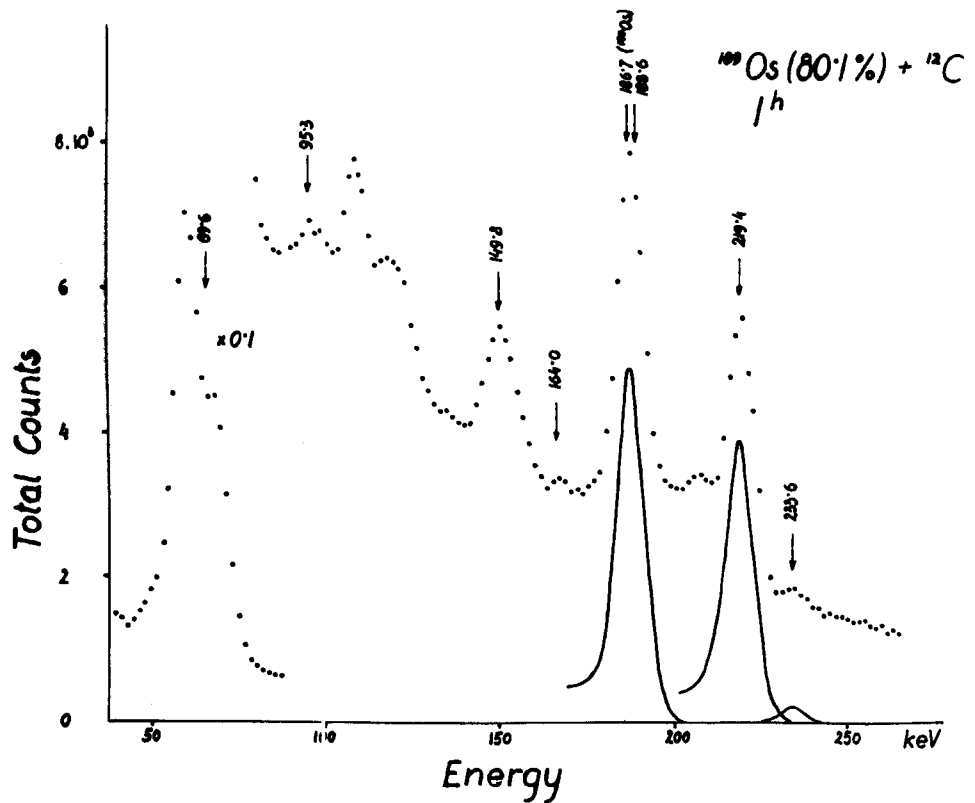


Рис. 65. Спектр γ -излучения, полученный при облучении ионами C^{12} мишени из Os , содержащей 80,1% Os^{189} и 14,9% Os^{190} .

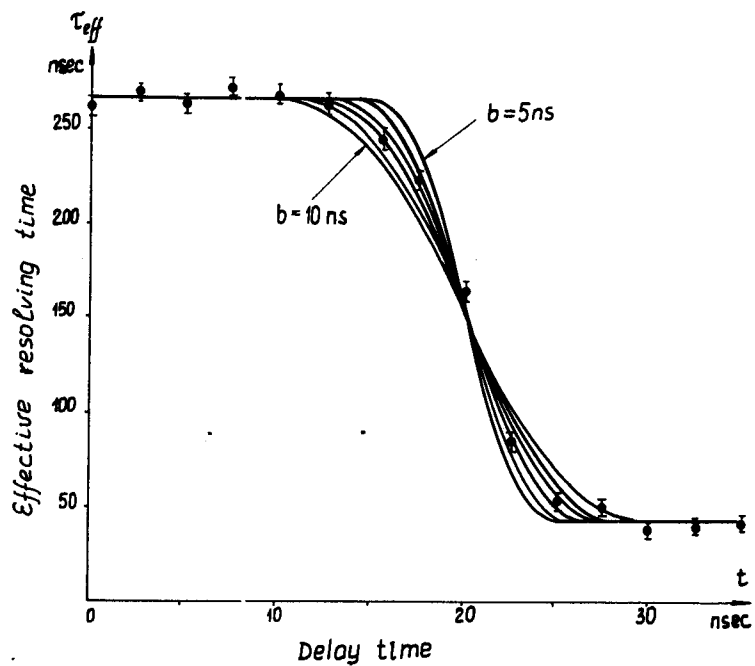
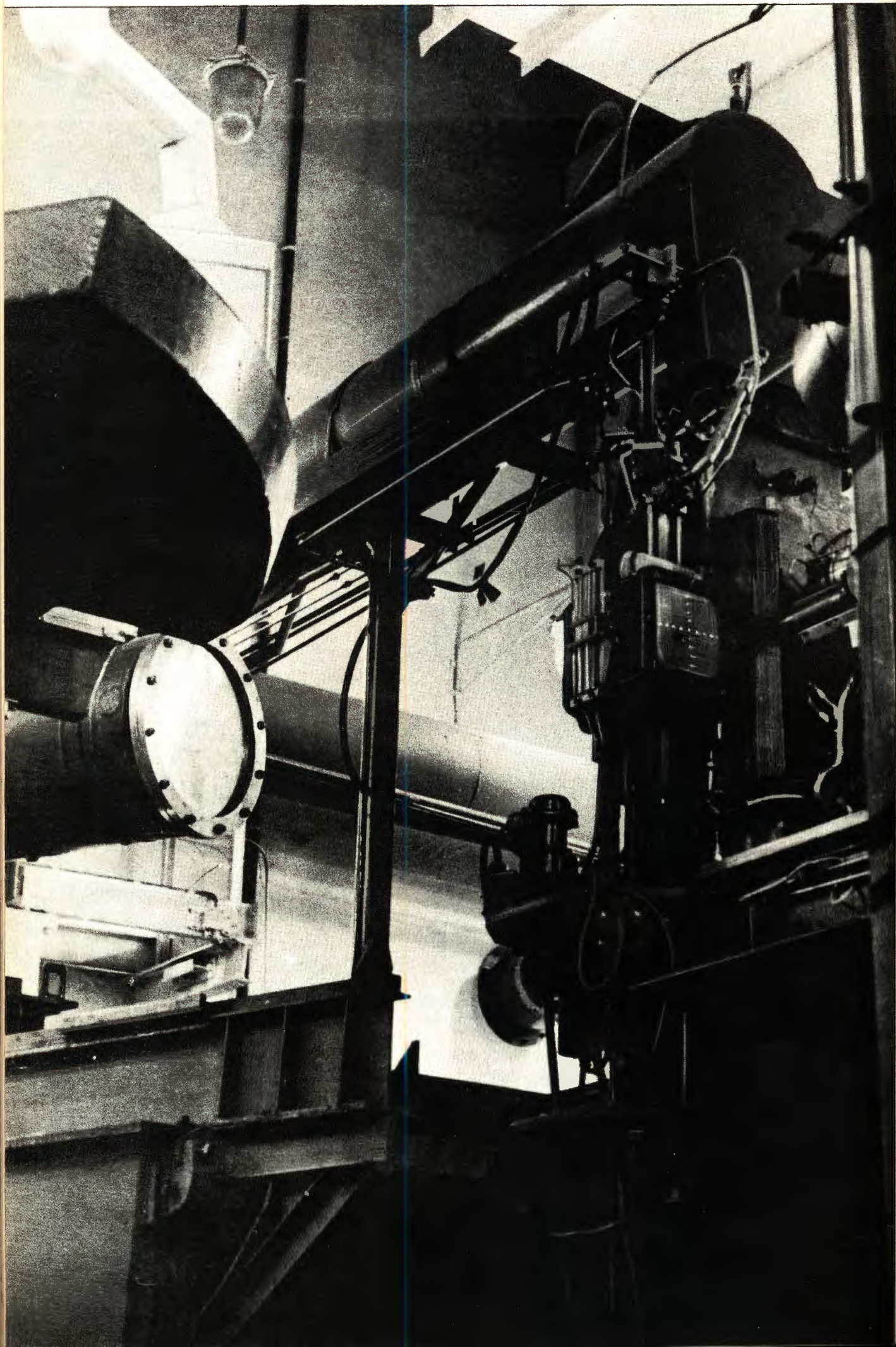


Рис. 66. Зависимость измеренного эффективного разрешающего времени от величины задержки (сплошные кривые – результат теоретических расчётов эффективного времени разрешения для различных ширин сгустка ускоренных ионов).





**Лаборатория
нейтронной
физики**

Научно-исследовательская работа ЛНФ в 1966 году велась по трем основным направлениям : 1 - изучение свойств ядер методами нейтронной спектроскопии; 2 - исследование конденсированных сред с помощью медленных нейтронов и эффекта Мёссбауэра; 3 - изучение ядерных реакций с заряженными частицами на легких ядрах. Эксперименты проводились на пучках нейтронов из реактора ИБР, системы ИБР + микротрон и на пучках электростатических генераторов ЭГ-5, ЭГ-2.

Изучение свойств ядер методами нейтронной
спектроскопии

1. Эксперименты с поляризованными нейтронами и мишенями. В 1966 году были улучшены характеристики поляризованной протонной мишени, служившей поляризатором нейтронов. Мишень, работающая по методу динамической поляризации протонов кристаллизационной воды кристалла лантан-магниевого нитрата, в настоящее время имеет площадь $40 \times 34 \text{ мм}^2$, толщину 18 мм, работает на длине волны 4,5 мм в поле 17 кэрстед при температуре 1°К и дает 70%-ную поляризацию нейтронного пучка, пропускаемого через мишень, при энергии нейтронов до нескольких десятков кэв. Осуществлено дублирование установки динамической поляризации для создания мишени поляризованных дейтронов, входящих в состав дейтерированного лантан-магниевого нитрата.

На этих установках при работе ИБР в режиме реактора выполнены измерения пропускания поляризованных нейтронов через мишень поляризованных дейтронов в энергетическом интервале 0,01 + 50 эв. Были выполнены 2 серии измерений при поляризации дейтронов параллельно и антипараллельно к магнитному полю

на дейтронной мишени. В обоих случаях, представленных на рис. 67, светлыми и черными кружками измерялась величина ϵ — относительное изменение пропускания при изменении ориентации спина нейтрона на противоположную. Эти измерения позволили установить, что из двух альтернативных наборов длин рассеяния нейтрона на дейтроне, известные ранее, истинным является набор, в котором квартетная длина рассеяния больше дублетной.

Было предложено измерить пропускание поляризованной мишени из металлического гольмия. Как и ранее, поляризация достигалась статическим методом в магнитном поле 15 кэрстед при температуре $0,3^\circ\text{K}$. Измерения проводились

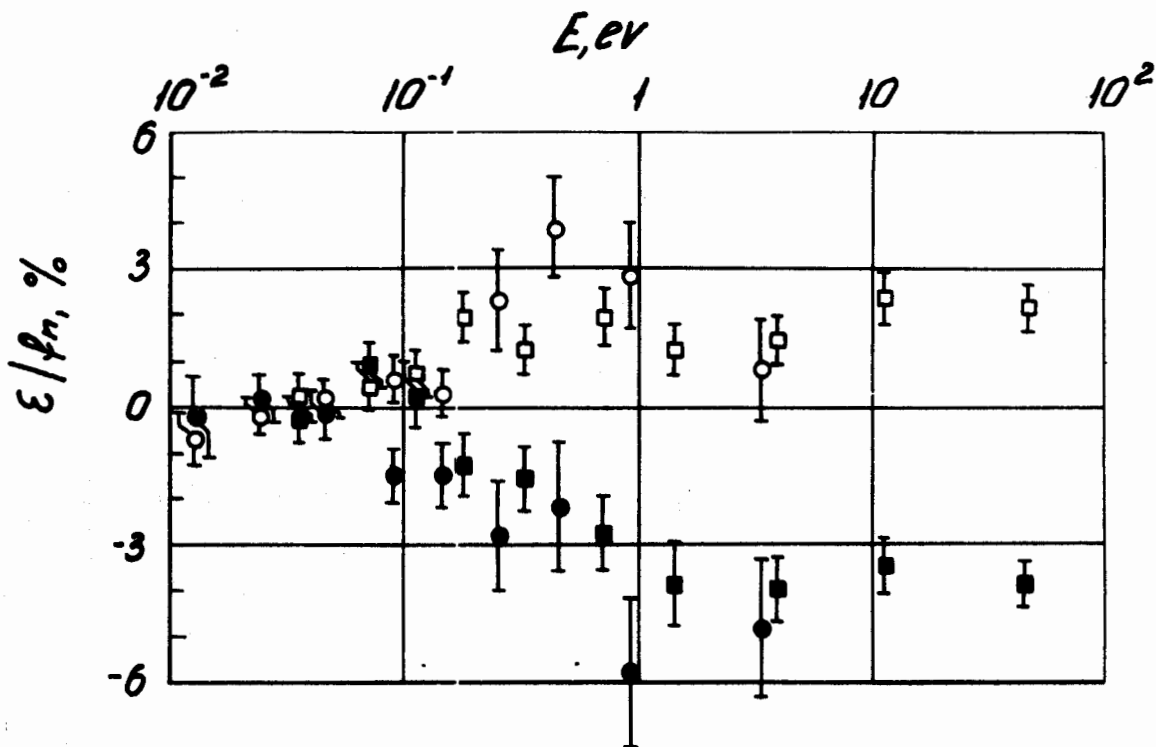


Рис. 67. Относительное изменение интенсивности нейтронов, прошедших через поляризованную дейтронную мишень, при реверсе направления поляризации нейтронного пучка $\epsilon = \frac{J_{\uparrow\uparrow} - J_{\uparrow\downarrow}}{J_{\uparrow\uparrow} + J_{\uparrow\downarrow}}$. Светлые и темные точки получены при противоположных направлениях поляризации дейтронов. По оси абсцисс отложена энергия нейтронов.

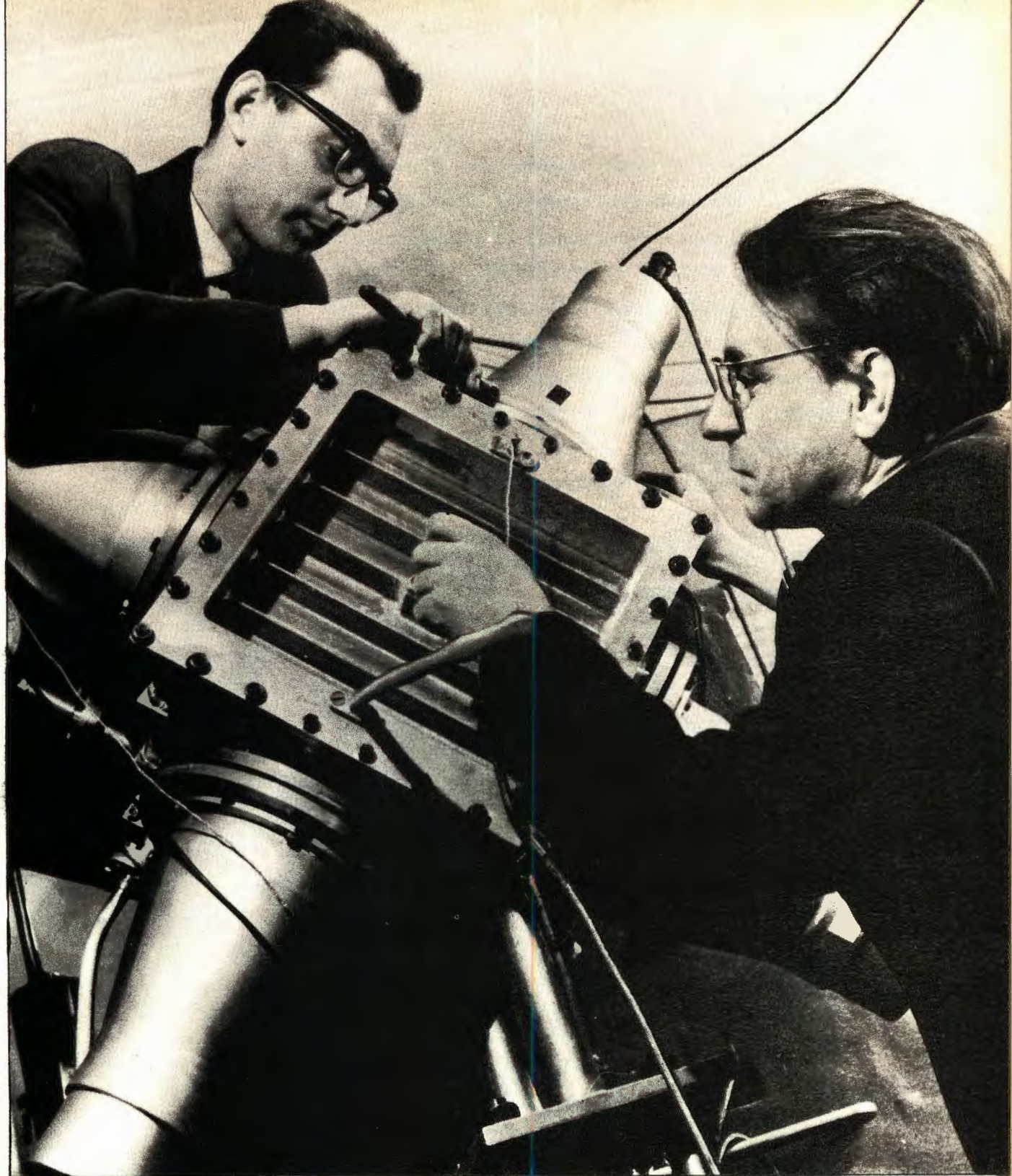


Рис. 68. Ксеноновый сцинтилляционный детектор α -частиц с многослойной мишенью предназначен для исследования реакции (n, α) в резонансной области энергии нейтронов. С помощью детектора исследован α -распад из высоковозбужденных состояний изотопов самария и неодима, получены первые данные об α -ширинах отдельных уровней, обнаружена реакция $Nd^{145}(n, \alpha)$. На снимке: руководитель группы Ю.П. Попов и научный сотрудник И.Квитек налаживают детектор.

в условиях улучшенной разрешающей способности в системе ИБР + микротрон на вновь оборудованной пролетной базе 120 м. В новом энергетическом диапазоне 55–150 эв определены спины 13 резонансов. Спин $I = 4$ имеет резонансы 64,7; 71,4; 83,9; 83,6; 101,9; 106,3; 117,7; 124,7 эв и спин $I = 3$ – резонансы 84,8; 85,7; 126,8; 128,4; 150,9 эв. Всего для No^{165} теперь известно 23 значения спина всех сильных резонансов с энергией до 150 эв. Найдено, что с вероятностью 68% значения силовых функций двух систем уровней No^{165} лежат в пределах: $1,90 < S_{I=3} \cdot 10^4 < 6,0$; $1,92 < S_{I=4} \cdot 10^4 < 5,2$. Аналогичные пределы для экспериментального отношения плотностей уровней равны $0,74 < \rho_{I=3} / \rho_{I=4} < 1,48$ при теоретическом значении 0,84.

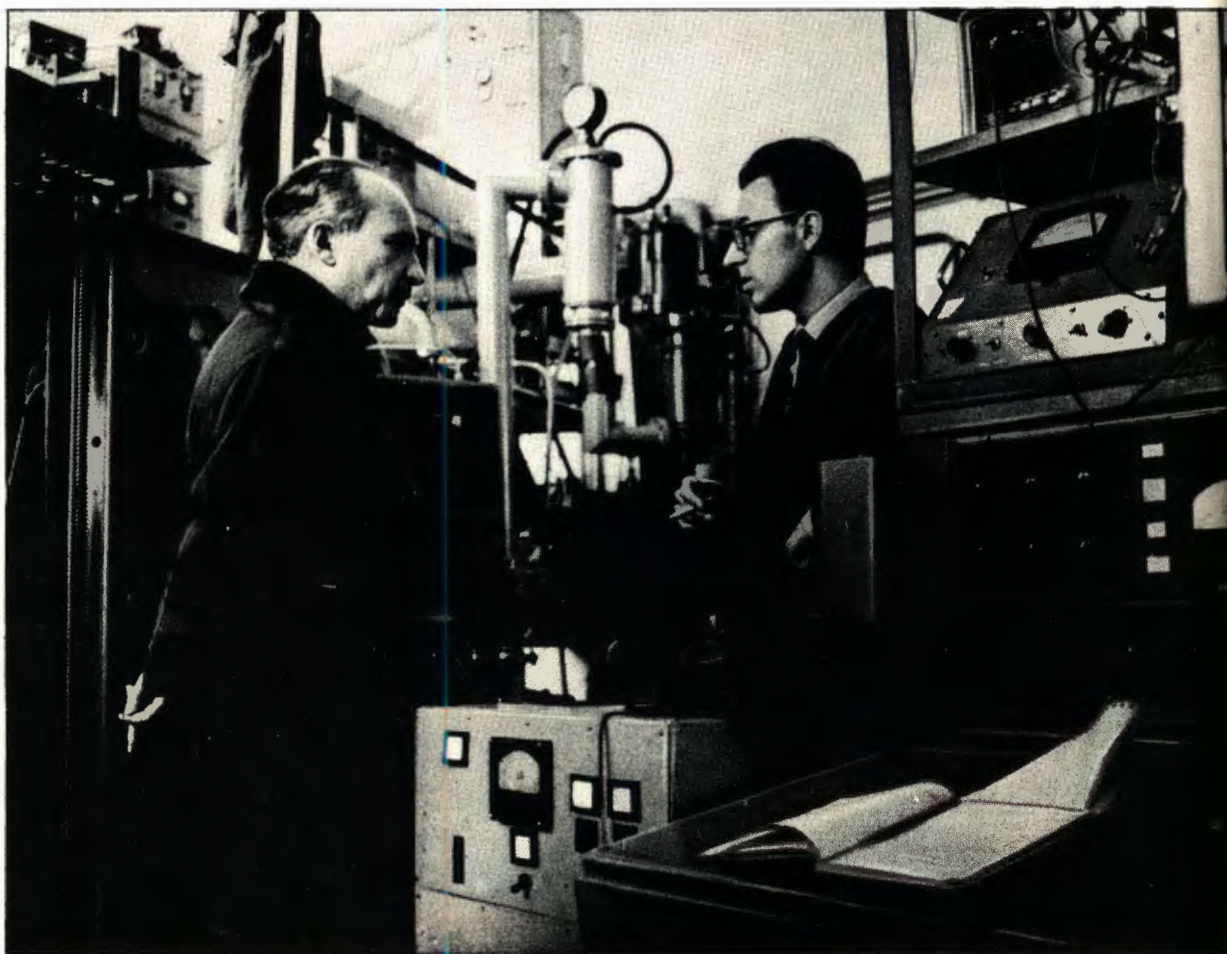
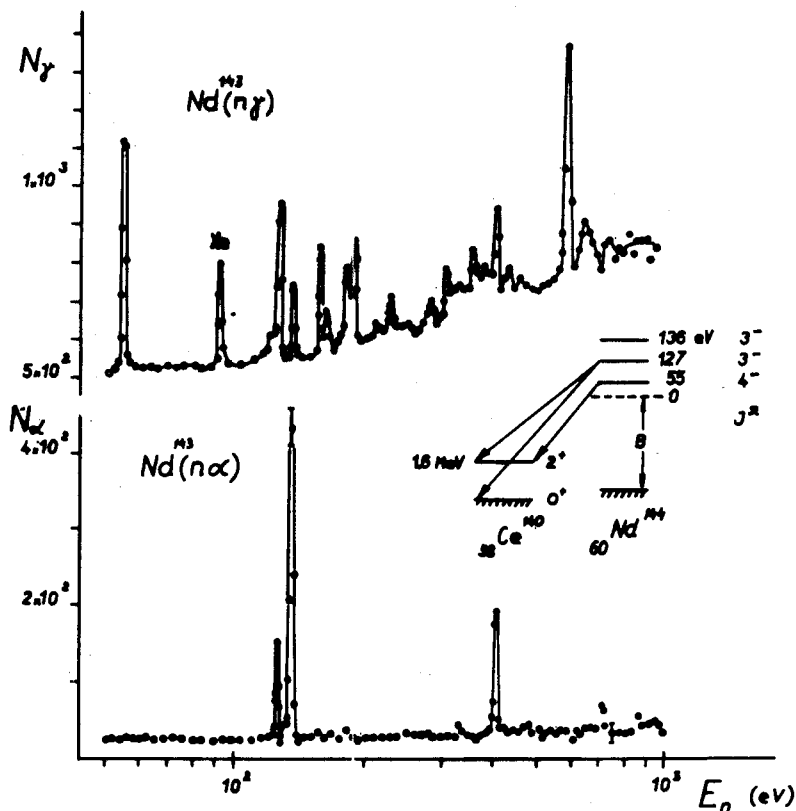


Рис. 69. В Лаборатории нейтронной физики создан спектрометр для изучения спиновой зависимости ядерных взаимодействий на поляризованных нейтронах и ядрах в широком энергетическом диапазоне. На снимке: В экспериментальном зале реактора. Беседуют профессор Л. Шапиро и ст. научный сотрудник Ю. В. Тарая.

Рис. 70
 Зависимость
 счёта α -частиц
 (нижняя кривая)
 и γ -квантов
 (верхняя кривая)
 от энергии нейтро-
 нов в реакциях
 $Nd^{143}(n, \alpha)$ и
 $Nd^{143}(n, \gamma)$.
 На рисунке при-
 ведена также схе-
 ма α -распада
 составного ядра Nd^{144} .



2. А л ь ф а - р а с п а д р е з о н а н с н ы х с о с т о я н и й я д е р .
 Исследованию α -распада резонансных состояний, возбужденных нейтронами, препятствовала малость сечения (n, α) -реакции, которое для редкоземельных изотопов в 10^5 - 10^6 раз меньше сечения одновременно протекающей реакции (n, γ) . Существенный прогресс был достигнут после создания в группе большого ксенонового сцинтилляционного детектора.

В 1966 году проведены измерения реакции (n, α) на естественных смесях изотопов самария и неодима и на обогащенных изотопах неодима-143 и неодима-145 в области энергий до нескольких сотен электронвольт. Наилучшее разрешение составляло 30 нсек/м при работе реактора совместно с микротроном. На рис. 70 и 71 представлены экспериментальные кривые счёта α -частиц (внизу) и γ -квантов для одних и тех же образцов Sm и Nd (γ -кванты

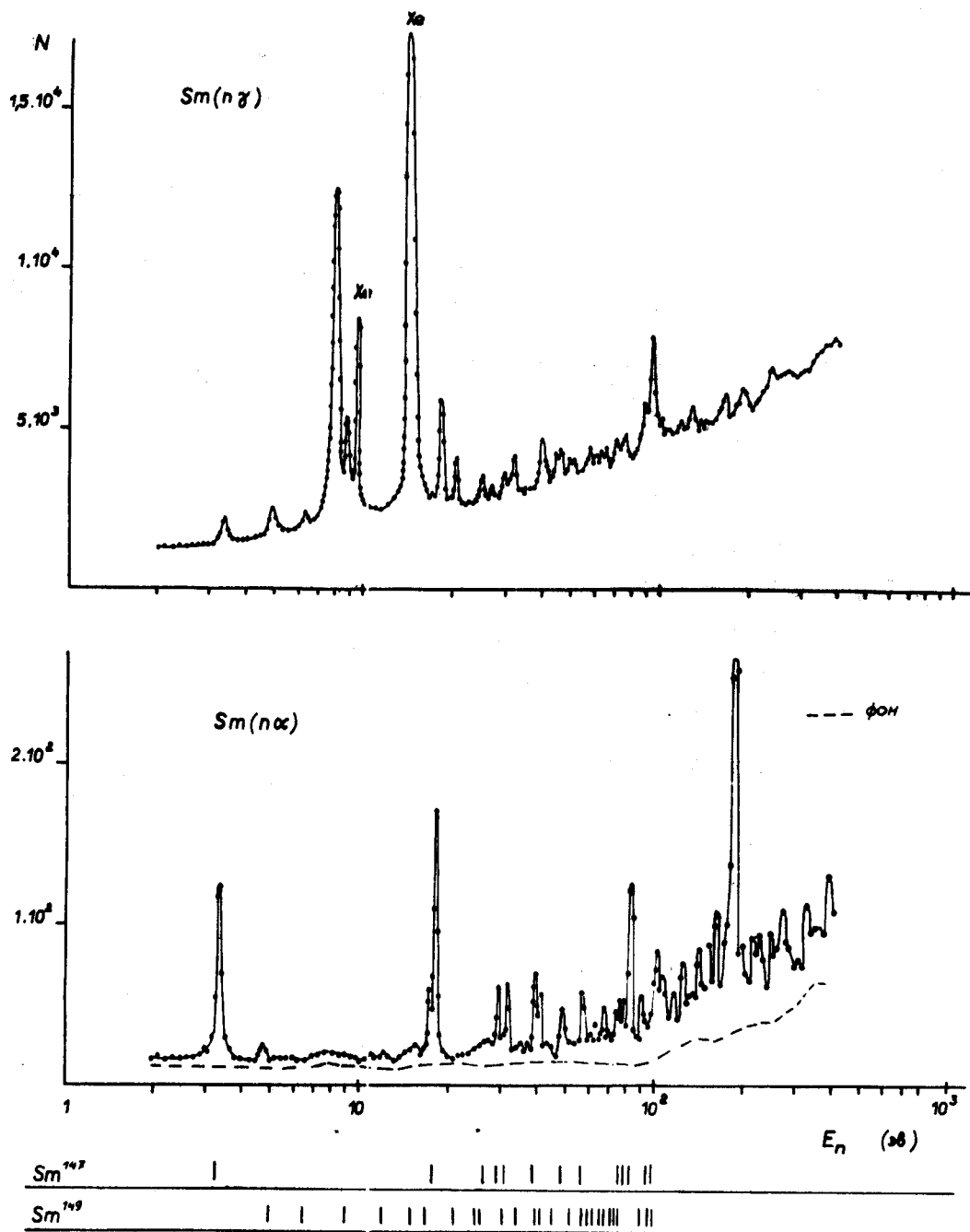


Рис. 71. Зависимость счёта α -частиц (нижняя кривая) и γ -квантов (верхняя кривая) от энергии нейтронов для естественной смеси изотопов самария. Внизу приведена идентификация резонансов по изотопной принадлежности.

регистрировались другим детектором). В результате измерений получены значения α -ширин Γ_α для 19 резонансов изотопов Sm^{147} , Sm^{149} , Nd^{148} и Nd^{146} . Проницаемости ядерного барьера для α -частиц, вылетающих из ядра Nd^{144} в состояниях со спином 3^- и спином 4^- , отличаются более чем в 100 раз. Это позволяет, исходя из значения величин Γ_α , определенно приписать значение спина 3 резонансам с $E_0 = 127; 136; 180; 410$ эв и с некоторой вероятностью – спин 4 резонансам с $E_0 = 55,5, 157$ и 187 эв. Значения α -ширин, усредненные по резонансам с одинаковыми спинами, приведены в табл. 6.

Таблица 6

Экспериментальные и расчётные значения α -ширин

I^π	3^-	3^-	3^-	4^-
Изотоп	Nd^{148}	Nd^{146}	Sm^{147}	Sm^{149}
Число наблюд. уровней	5	3	5	3
$\Gamma_\alpha \cdot 10^7$ эксп.	530	10	19	0,74
$\Gamma_\alpha \cdot 10^7$ теор.	350	2,8	61	0,83

Сравнение с расчётами по статистической теории обнаруживает согласие для Nd^{148} и Sm^{149} и отличие в 3 раза для Sm^{147} и Nd^{146} .

3. Исследование гамма-спектров с помощью германиевых детекторов. При измерении γ -лучей были применены германиевые детекторы объемом 5 и 7 см³ чехословацкого производства. На рис. 72 приведен гамма-спектр Co^{60} , иллюстрирующий разрешающую способность этих детекторов. На реакторе ИБР по методу времени пролета измерены интенсивности большого числа переходов с энергией выше 5 Мэв в резонансах 24,5; 82; 88 и 106 эв бария-135. На рис. 73 представлены амплитудные спектры жестких гамма-лучей в резонансах Ва 24,5; 82; + 88 эв и всех резонансах в области 15 + 1000 эв. Наглядно видна обнаруженная ранее на детекторе с NaI аномалия в интенсивности линий 8,38 и 9,21 Мэв из резонанса 24,5 эв. Проведены измерения на обогащенных изотопах Ва¹⁸⁰ и Ва¹⁸². Обработка результатов измерений завершается.

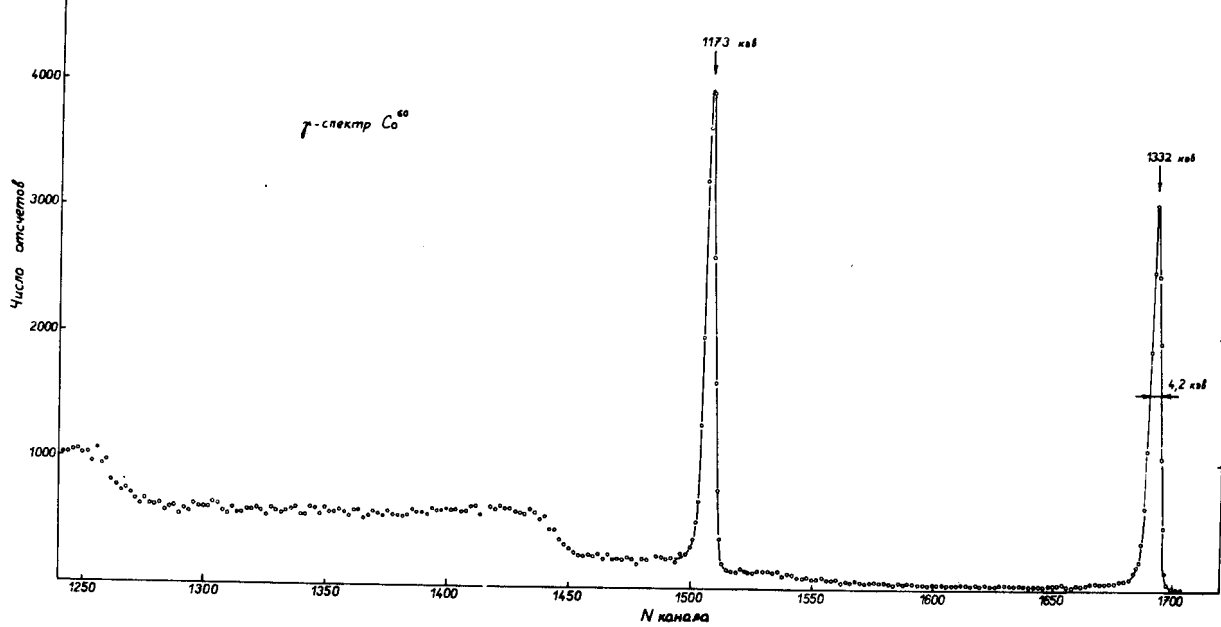


Рис. 72. Спектр γ -лучей Co^{60} , снятый с помощью германевого детектора.

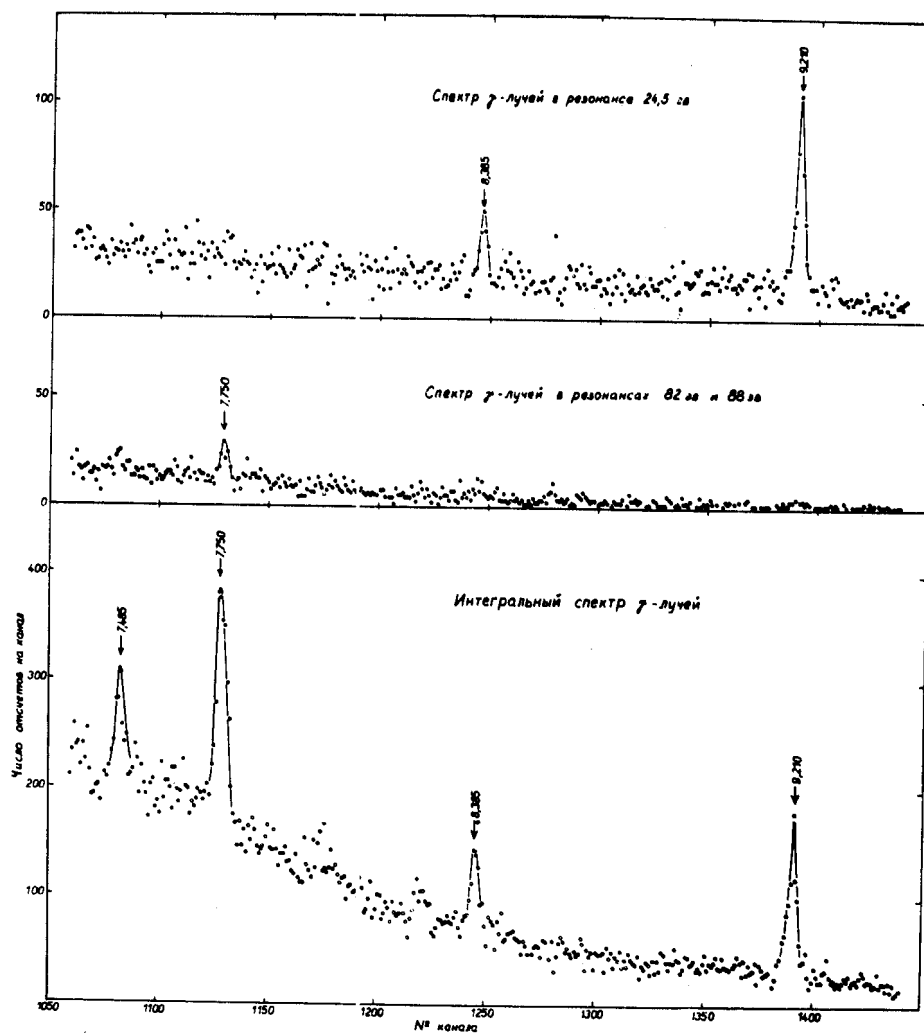


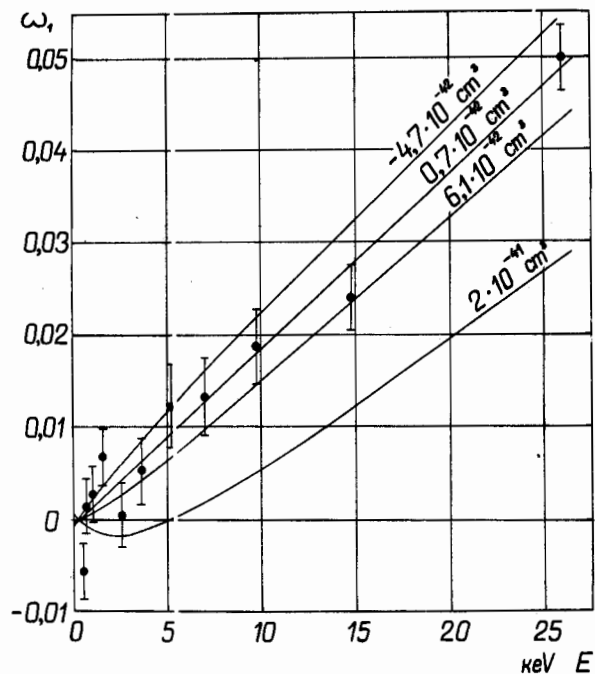
Рис. 73. Спектры γ -лучей, полученные при радиационном захвате нейтронов в барии-135.

Лабораторией нейтронной физики совместно с Лабораторией ядерных проблем, Радиевым институтом и Ленинградским университетом выполнены измерения спектров гамма-лучей радиоактивных нейтронодефицитных изотопов: Ta¹⁸², Sb¹²⁴, Eu^{154, 147, 149}, Rh¹⁰⁶, Ag^{110m}, Er¹⁶⁴, Pr¹⁸⁸, Ho¹⁵⁰, Re¹⁸⁴, Pm¹⁴¹, Tb¹⁵⁵, Nd¹⁴⁷, Hf¹⁷², Gd^{147, 149, 151}. Получены новые данные о возбужденных уровнях соответствующих ядер.

4. Угловые распределения рассеянных нейтронов. Измерены угловые распределения упругого рассеяния нейтронов на тяжелых ядрах в области энергии 0,1 + 25 кэВ, ранее не изучавшейся. Измерения велись на пучке нейтронов из реактора на пролетном расстоянии 250 м. Детектором служили 180 пропорциональных борных счётчиков, разделенных на 8 групп для одновременных измерений под девятью углами θ . Целью измерений на свинце было выяснение величины поляризуемости нейтрона α_n . Значение α_n определяет характер зависимости от энергии коэффициента ω_1 при $\cos\theta$ в формуле для углового распределения, которая для настоящих измерений может быть записана в виде: $\sigma(\theta) = \frac{\sigma_0}{4\pi} (1 + \omega_1 \cos\theta)$. На рис. 74 представлены полученные экспериментальные точки и расчётные кривые для ω_1 при разных значениях α_n .

Рис. 74

Экспериментальные значения коэффициента ω_1 для разных энергий нейтронов. Сплошными линиями показаны теоретические зависимости, соответствующие нескольким значениям коэффициента электрической поляризуемости нейтрона α_n .



Окончательный результат ($4,7 \cdot 10^{-42} \text{ см}^3 < a_n < 6,1 \cdot 10^{-42} \text{ см}^3$) в несколько раз уточняет прежнюю экспериментальную оценку a_n .

Б. И с л е д о в а н и е н е й т р о н н ы х р е з о н а н с о в .

а. Были закончены измерения с гольмием и сделаны измерения пропускания изотопов эрбия: Er - 164, Er - 166, Er - 167, Er - 168, Er - 170, проводившиеся на пролетном расстоянии 500 м с разрешением 6 нсек/м. Получены параметры индивидуальных резонансов и средние характеристики: наблюдаемое расстояние между уровнями D , средняя радиационная ширина Γ_γ , силовая функция S_0 . Для чётно-четных изотопов эрбия установлено согласие с вигнеровским характером распределения расстояний между соседними резонансами (рис.75). Усредненные характеристики изотопов приведены в таблице 7.

Таблица 7

Усредненные характеристики изотопов эрбия

Изотоп	D , эв	$S_0 \cdot 10^4$	Γ_γ Мэв
Er -164	23 ± 4	$1,2^{+0,9}_{-0,4}$	-
Er -166	52 ± 7	$1,8^{+0,9}_{0,4}$	87 ± 13
Er -167	$4,6 \pm 0,7$	$1,8 \pm 0,4$	92 ± 3
Er -168	110 ± 16	$1,5 \pm 1,0_{0,5}$	80 ± 10
Er -170	170 ± 14	$1,3^{+0,8}_{-0,5}$	

Сопоставление полученных в ЛНФ данных о силовых функциях редкоземельных элементов с другими опубликованными данными, представленными на рис. 76 в зависимости от массового числа A , указывает на наличие максимума в районе $A \approx 165$.

б. Проведены измерения пропускания, радиационного захвата и самоиндикации для германия. Измерения пропускания велись на обогащенных изотопах Ge^{70} , Ge^{72} , Ge^{73} , Ge^{74} , Ge^{76} с разрешением 3 нсек/м на пролетном расстоянии 1000 м. Получены параметры 70 резонансов.

Рис. 75
 Распределение
 расстояний между
 уровнями чётно-
 чётных изотопов
 эрбия. Кривая 1 -
 распределение
 Вигнера. Кривая 2 -
 экспонента.

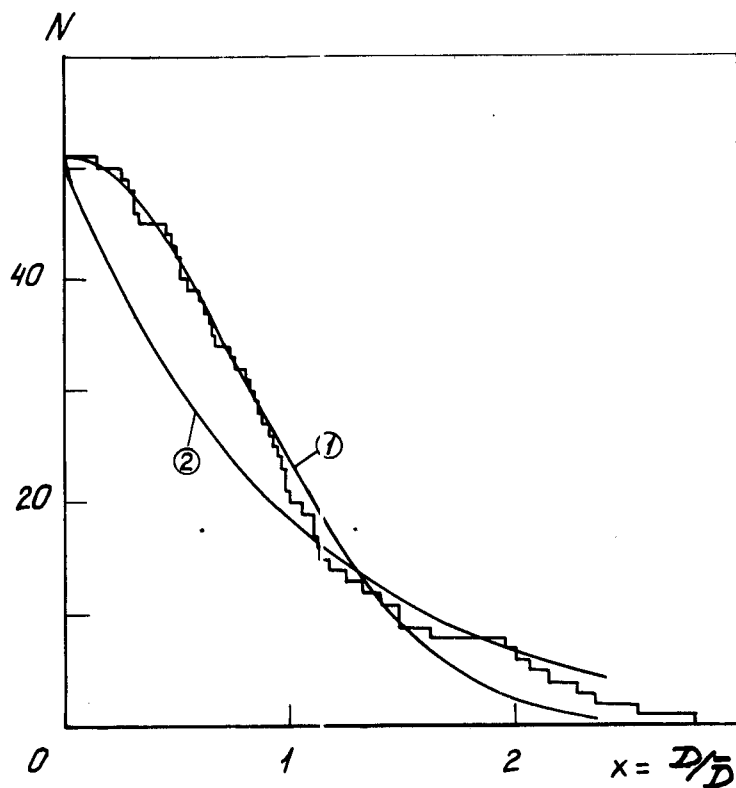
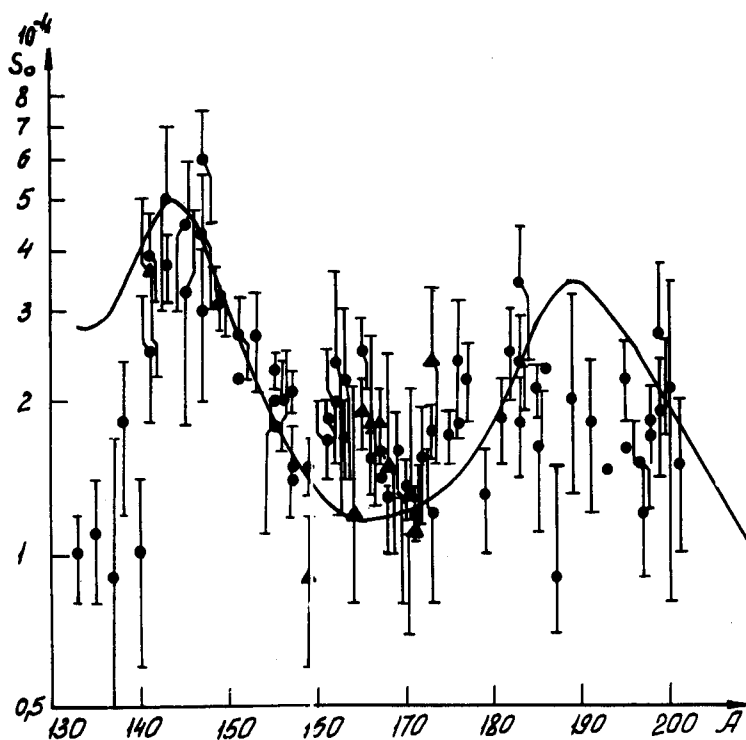


Рис. 76
 Зависимость си-
 ловой функции S_0
 для s -нейтронов
 от атомного веса
 A в области дефор-
 мированных ядер.
 Треугольниками
 показаны данные
 ЛНФ.



На основании предварительной обработки можно заключить, что значение силовой функции Ge^{73} по крайней мере в 2 раза больше, чем для чётно-четных изотопов германия. Для получения окончательных результатов необходимы аккуратные измерения сечений потенциального рассеяния всех изотопов германия.

Исследование конденсированных сред

1. Исследование твердых тел с помощью эффекта Мёссбауэра проводилось в сотрудничестве с ЦИФИ (Будапешт), а также ИЯФ (Краков) и ЛГУ. Изучались фазовые переходы в сплаве Fe_3Al . Мёссбауэровские спектры, измеренные в интервале температур $500 + 900^\circ C$, выявили существование двух сортов атомов железа в этом сплаве: парамагнитных, ответственных за центральную линию (рис. 77, правая кривая сверху) и магнитоупорядоченных (педестал из пиков меньшей амплитуды). Обнаружена аналогия в поведении ширины центральной линии и макроскопической намагниченности, взятых в зависимости от температуры при разных скоростях охлаждения (рисунок вверху слева - намагниченность, внизу - ширина центральной линии; I, II, III - различные скорости охлаждения, $I < II < III$). Предложена микроскопическая модель, объясняющая поведение этого сплава.

Закончены исследования железацианидов при гелиевых температурах. Обнаружены внутренние магнитные поля $\approx 210 + 270$ кэрст на ионах железа с низким спином электронной конфигурации ($S = 1/2$).

Исследования нормальных ферритов цинка и кадмия при низких температурах обнаружили наличие двух неэквивалентных магнитных состояний атомов железа в решетке, имеющей выше точки Нееля только одно состояние.

Система FeS_{1+x} исследована в диапазоне температур $20 + 300^\circ C$ и составов $x = 0 + 0,125$ с целью уточнения фазовой диаграммы и определения электронного состояния железа. Предварительный анализ результатов показывает, что в точке фазового перехода T_a происходит заметное уменьшение константы обменного взаимодействия. В нестехиометрических образцах обнаружено существование набора значений Ni . В области состава Fe_7S_8 найдены 3 значения Ni , равные 305, 250 и 220 кэрст. Квадрупольное расщепление во всех случаях оказалось малым, согласующимся с ожидаемым из оценок по модели точечных ионов, что указывает на весьма малое тригональное расщепление основного состояния иона $3d^6$, либо на большое спин-орбитальное взаимодействие.

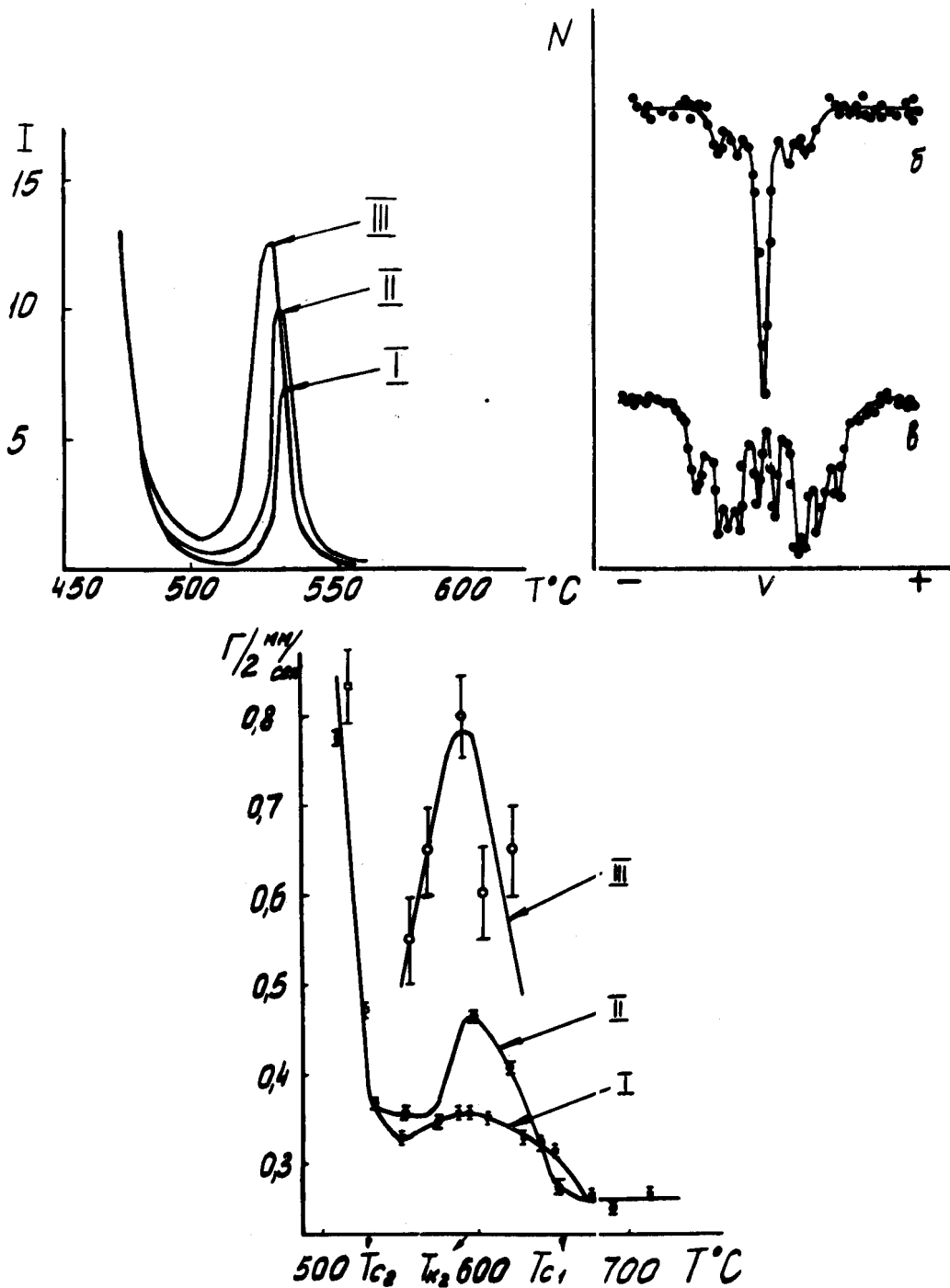


Рис. 77. Исследования сплава Fe_3Al с помощью эффекта Мессбауэра. Скоростные спектры сплава при температуре 550°C и комнатной температуре (правый верхний снимок, б и в, соответственно). Температурные зависимости макронамагниченности (слева вверху) и ширина центральной линии скоростного спектра, (внизу) при разных скоростях охлаждения $[(\frac{\partial T}{\partial t})_I < (\frac{\partial T}{\partial t})_{II} < (\frac{\partial T}{\partial t})_{III}]$.

2. Исследование динамики твердых тел и жидкостей. Работы велись совместно с Ягеллонским университетом (ПНР) и ВНИИФТРИ (СССР).

а. В спектрометре медленных нейтронов в обратной геометрии в дополнение к Ве-фильтру был применен монокристалл цинка как анализатор энергии нейтронов. Разрешающая способность спектрометра за счёт этого улучшилась в 2,5 раза. Для примера на рис. 78 приведен спектр рассеяния нейтронов в NH_4Cl . С помощью спектрометра на реакторе ИБР исследованы локальные

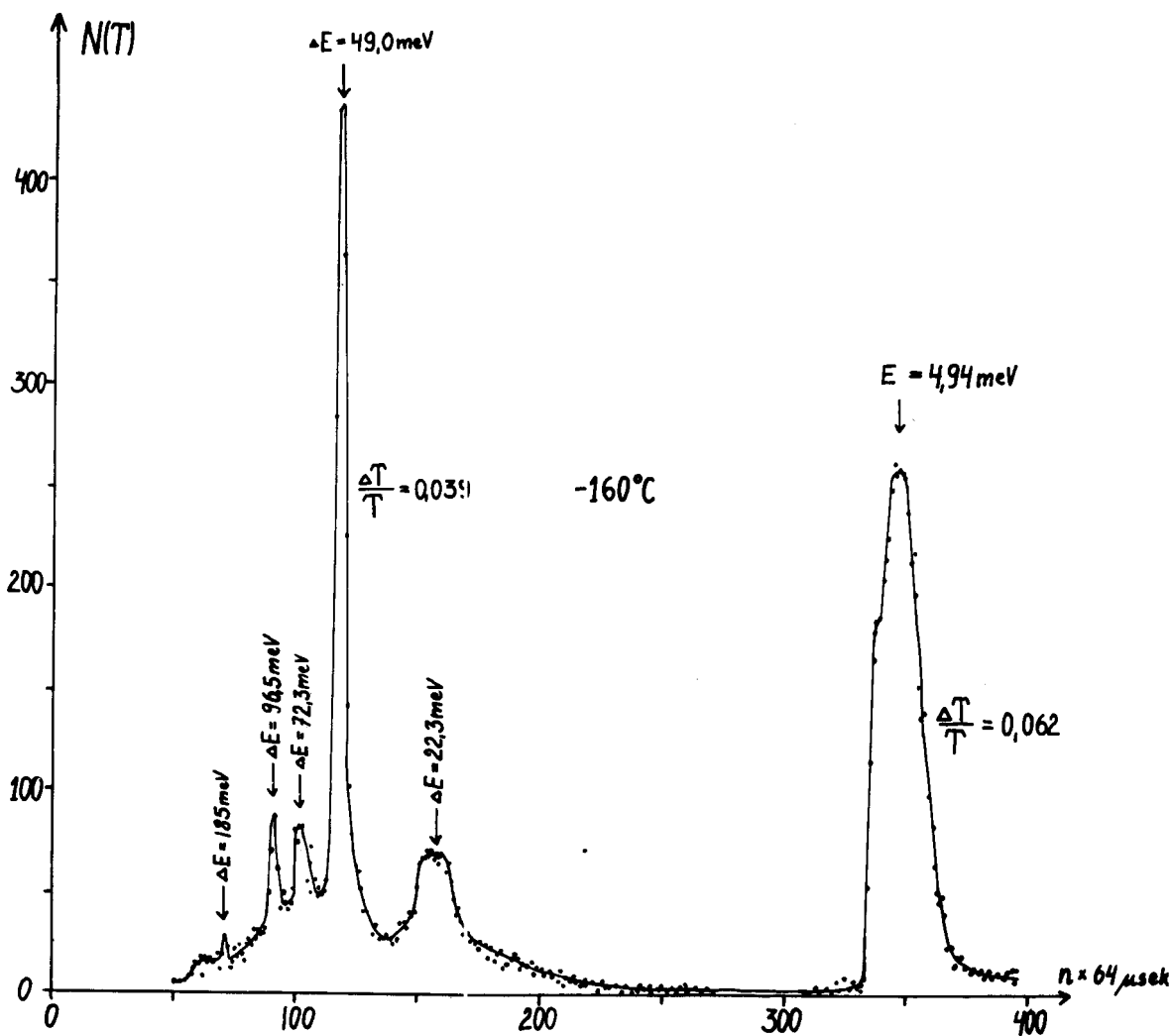
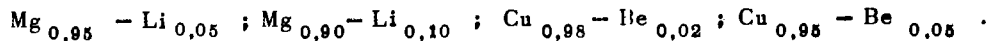


Рис. 78. Спектр медленных нейтронов, неупруго рассеянных на хлористом аммонии. По оси абсцисс отложено время пролета нейтрона.

колебания в металлах с примесным содержанием легкого элемента:



Пример одного из обнаруженных локальных уровней дан на рис. 79. По найденным частотам локальных уровней произведена оценка измерения силовых констант вблизи примесного атома. Результаты указывают на то, что силовые константы меняются значительно.

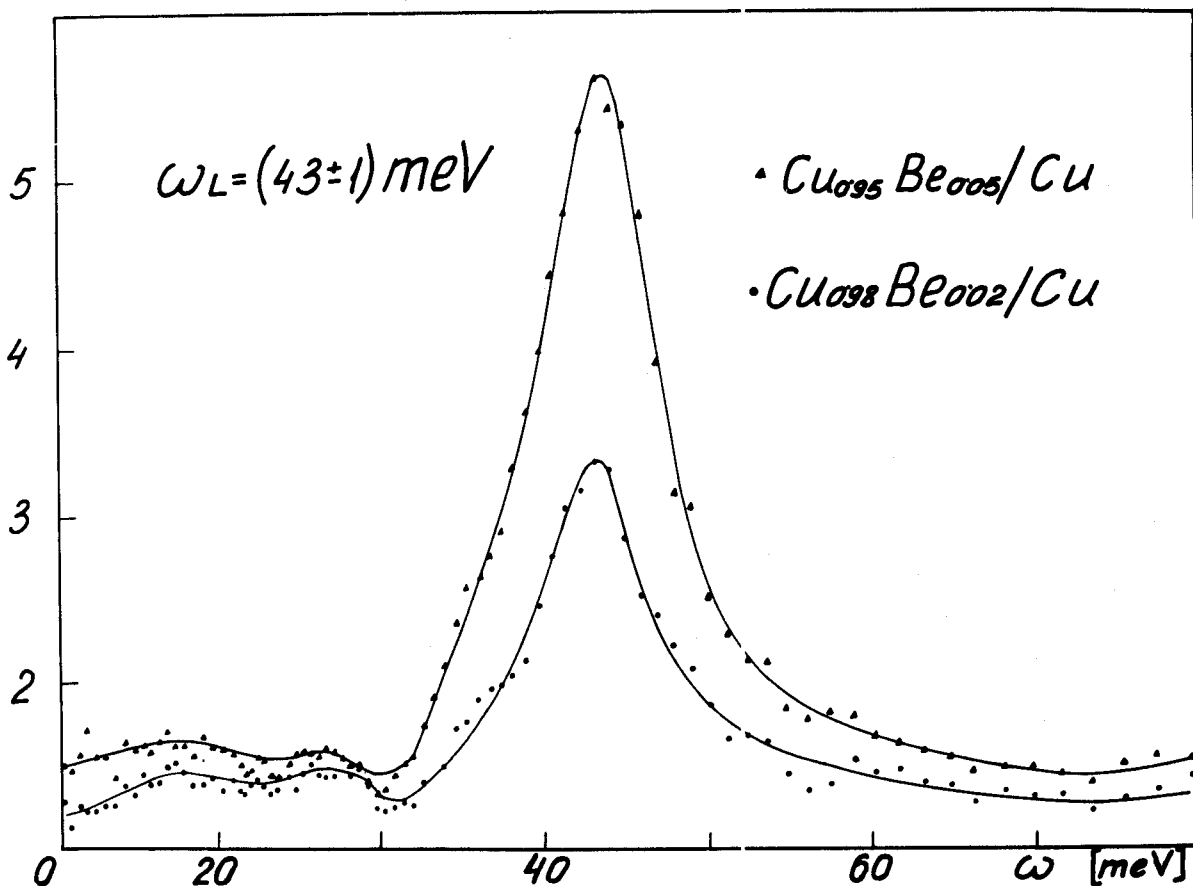


Рис. 79. Локальный уровень в сплаве медь-бериллий. Отношение интенсивностей в спектрах рассеяния на сплавах и на чистой меди в области локального уровня. ω -изменение энергии нейтрона при рассеянии.

Исследовалась динамика атомов в водородосодержащих молекулярных группах кристаллов H_3ONO_3 ; $\text{Sc}(\text{NH}_2)_2$; $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{J}_3$ и некоторых других. В моногидрате азотной кислоты H_3ONO_3 найдена ионная группа H_3O^+ , существующая в кристаллической фазе, тогда как в жидкой фазе обнаружена только группа H_2O . Для $\text{Sc}(\text{NH}_2)_2$ доказано, что ферроэлектрический фазовый переход не связан с изменением динамики группы NH_2 .

Завершена теоретическая работа по расчётам дисперсионных кривых и спектров частот ионного кристалла хлористого аммония. Теоретическая оценка параметров пика крутильных колебаний совпадает с результатами проведенного эксперимента по неупругому рассеянию медленных нейтронов на NH_4Cl .

б. Закончена подготовка к измерениям квазиупругого некогерентного рассеяния холодных нейтронов в этане вблизи критической точки жидкость-пар. Достигнуты следующие характеристики образца: размеры $20 \times 20 \text{ см}^2$, точность наполнения $\Delta\rho/\rho_c < 0,3\%$ (ρ_c - критическая плотность), градиенты температур и точность стабилизации температуры образца не хуже $0,005^\circ\text{C}$. Использован этан чистоты 99,999.

в. Начато исследование неупругого и квазиупругого рассеяния нейтронов при малых передачах импульса. В течение года была создана установка по изучению рассеяния нейтронов на малые углы ($3^\circ + 10^\circ$) и проведена серия измерений с жидким и твердым свинцом при температурах в интервале $20 + 350^\circ\text{C}$. Наименьшая величина передаваемого при рассеянии импульса составляла $\approx 0,2 \text{ \AA}^{-1}$. Обнаружен пик квазиупругого рассеяния, интенсивность которого растет с температурой и при плавлении.

3. Нейтронно-дифракционные исследования. Работы велись совместно с Институтом ядерных исследований, ПНР. При использовании метода времени пролета для исследований структуры монокристаллов обнаружена большая вероятность проявления в этом методе многократных брэгговских отражений. На рис. 80 приведены нейтронограммы кристалла цинка, вверху при азотной, внизу - при комнатной температурах. Помимо основных пиков от плоскости (0002), удовлетворяющей условию Вульфа-Брэгга ($\theta = 34^\circ 40'$), появились пики, соответствующие отражениям, структурный фактор которых равен нулю (указаны стрелками). Установлено, что это - проявление многократного брэгговского отражения. Разработан метод иденти-

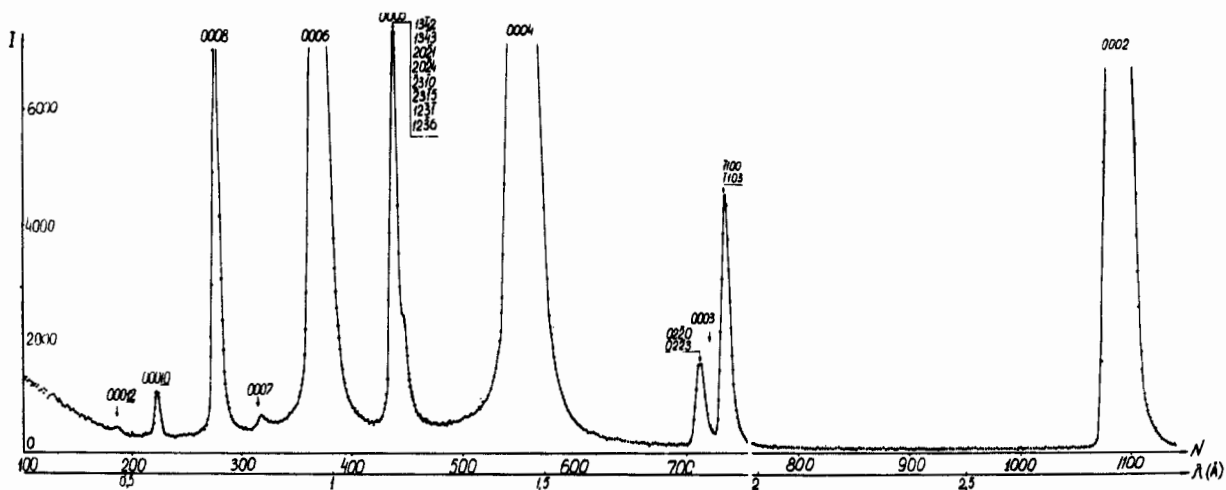
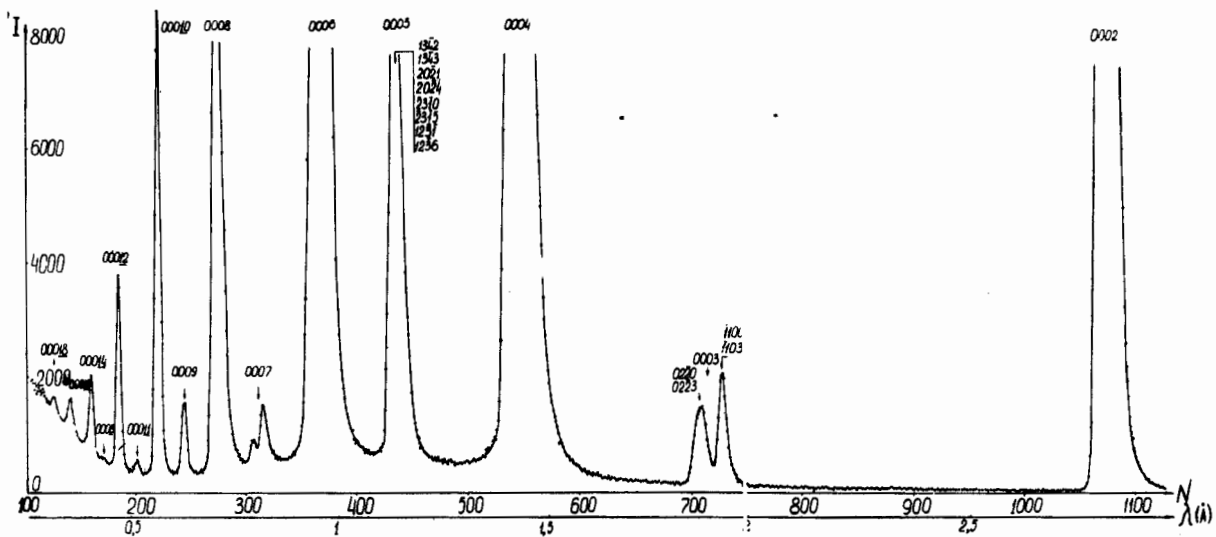


Рис. 80. Нейтронограмма монокристалла цинка, снятая при комнатной (внизу) и при азотной (вверху) температурах. Указаны индексы плоскостей, участвующих в многократном рассеянии и ответственных за появление дополнительных пиков в запрещенных положениях (003), (005), (007) и т.д.

фикации таких отражений, которые могут "симулировать" в ряде случаев пики различных сверхструктур.

Экспериментально проверена возможность дифракционных исследований по методу времени пролета без коллимации падающего и рассеянного пучка нейтронов, но с так называемой их "фокусировкой". В этом способе наклоны поверхностей замедлителя и детектора относительно падающего и рассеянного пучков подбираются так, что нейтроны, отклоненные в результате дифракции на большие углы и поэтому имеющие меньшие скорости, пролетают соответственно меньшие расстояния, так что время пролета до детектора остается постоянным и вследствие этого отсутствует уширение пиков. Интенсивность счёта при работе без коллиматоров возрастает на порядок с сохранением прежнего разрешения (рис.81), что дает возможность исследования образцов малых размеров.

В сотрудничестве с Ягеллонским университетом (ПНР) проведено одновременное измерение структуры и динамики сплава медь-бериллий, обладающего локальными колебаниями.

Сделаны пробные фононные измерения на Bi , Cu , Al , Zn с использованием принципа "обратной" геометрии. Помимо 5-7-кратного выигрыша в интенсивности (с сохранением разрешения), этот метод обеспечивает еще ряд важных преимуществ при измерении дисперсионных кривых по сравнению с обычной геометрией. Фононный спектрометр с "обратной" геометрией, спроектированный на основании этих измерений, будет совмещать преимущества кристаллического монохроматора и время-пролетной методики.

Ядерные реакции с заряженными частицами на легких ядрах

1. Р е а к ц и я $C^{12} (He^8, p_0) N^{14}$. Исследование реакции проводилось на электростатическом ускорителе ЭГ-5 при энергии He^8 2,9 Мэв. С помощью кремниевых и полупроводниковых детекторов и многоканального амплитудного анализатора измерялись спектры протонов одновременно под несколькими углами. Измерена право-левая асимметрия рассеяния протонов на углероде и получены значения поляризации протонов для трех значений углов. Как видно из рис. 82, для угла 45° (лабораторная система) поляризация превышает 40%. Измерены также 15 угловых распределений протонов (p_0, p_1, p_2) из этой реакции при энергии He^8 от 2,8 до 3,7 Мэв.

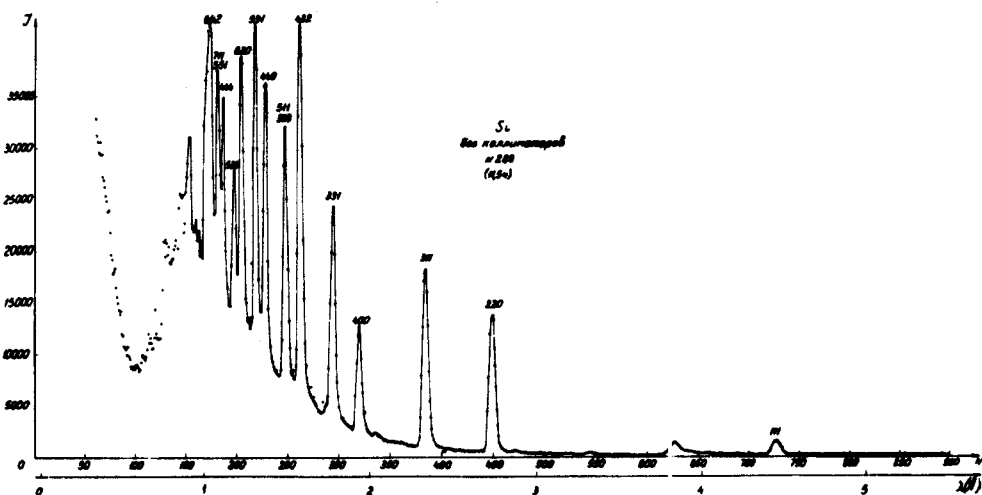
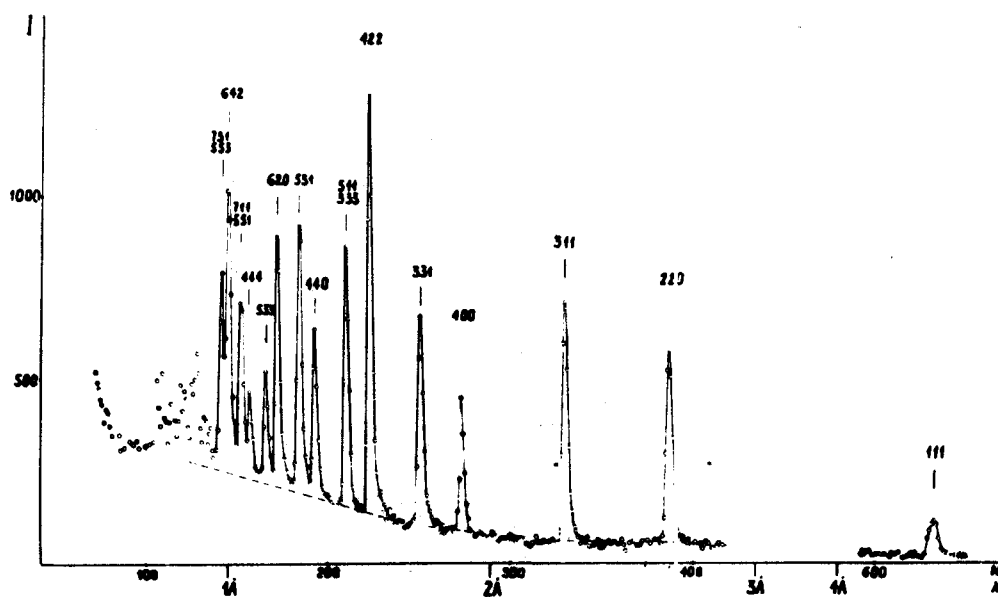
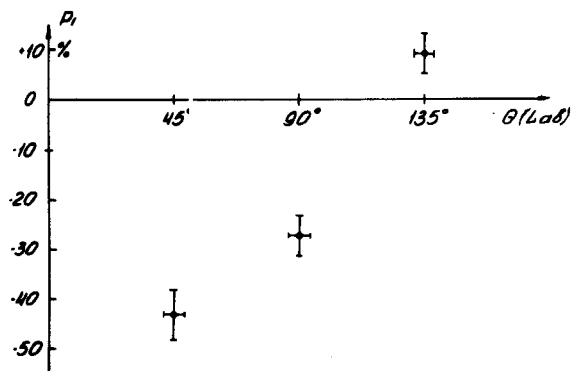


Рис. 81 ▲

Нейтроннограмма кремния, снятая на установке с коллиматорами (вверху) и без коллиматоров с применением "фокусировки" (внизу) при одинаковой экспозиции. Видно различие в скоростях счёта.

Рис. 82 ►

Поляризация протонов в реакции $C^{12}(He^3, p_0)N^{14}$ при энергии бомбардирующих ионов гелия-3 $E = 2,95$ МэВ.



2. Р е а к ц и и $O^{16}(t, p)C^{18}$; $O^{16}(t, \alpha)N^{15}$. На электростатическом генераторе ЭГ-2 завершены измерения реакций $O^{16}(t, p)O^{18}$ и $O^{16}(t, \alpha)N^{15}$. Измерено дифференциальное сечение под углом 90° и угловые распределения p_0 и p_1 - протонов и α -частиц при 22 значениях энергии трития в интервале 0,5 - 1,75 Мэв. Обнаружено несколько новых уровней составного ядра F^{19} .
3. Р е а к ц и я $C^{12}(t, n)N^{14}$. Работа выполнялась совместно с Лодзинским университетом, ПНР. Посредством методики толстослойных ядерных эмульсий проведены измерения энергетических спектров и угловых распределений трех групп нейтронов из реакции $C^{12}(t, n)N^{14}$ при энергии трития 1,7 Мэв. Результаты, показанные на рис. 83, свидетельствуют о явном различии угловых распределений для трех групп нейтронов, соответствующих переходам на основное и два возбужденных состояния N^{14} с энергией 2,31 и 3,95 Мэв.
4. Р е а к ц и и т и п а (He^3, p) и р е а к ц и я $Be^9 + T$. Работа проводилась совместно с ЦИФИ, ВНР. На электростатическом генераторе ЭГ-5 велись исследования механизма реакций типа (He^3, p) . С помощью самоподдерживающийся тонкой кремниевой мишени измерена функция возбуждения под углом 90° и 6 угловых распределений протонов, соответствующих основному и возбужденным состояниям конечного ядра реакции $Si^{28}(He^3, p)P^{30}$, в интервале энергий ионов гелия-3 2,8 - 3,6 Мэв.

На электростатическом генераторе ЭГ-2 впервые проводились исследования реакции $Be^9 + T$ в интервале энергий 600 ± 1600 кэв с целью определения возможных уровней составного ядра B^{12} . Получены дифференциальные сечения реакций $Be^9(t, d)Be^{10}$ и $Be^9(t, \alpha)Li^8$ для углов $90, 70, 120^\circ$ в лабораторной системе. В указанном интервале энергий измерены 8 угловых распределений α -частиц, соответствующих основному и первому возбужденному состоянию конечного ядра Li^8 в последней реакции.

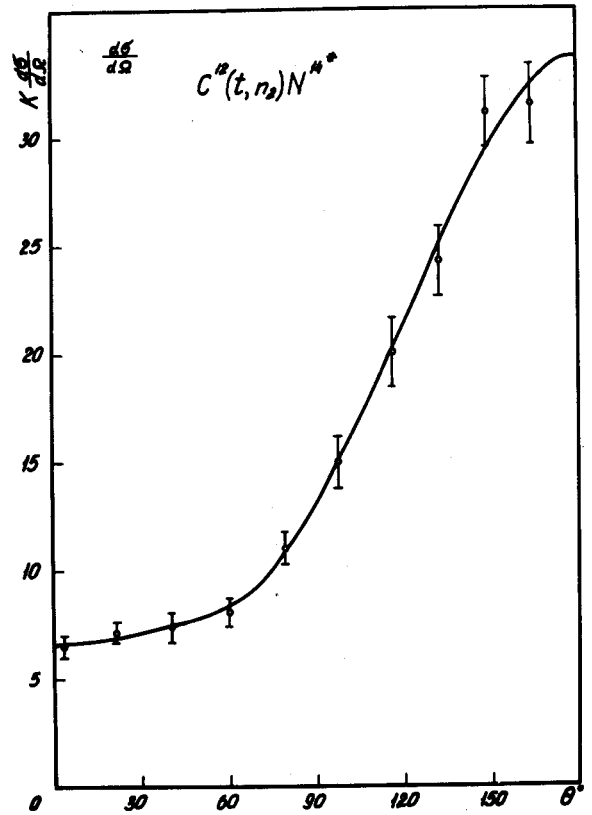
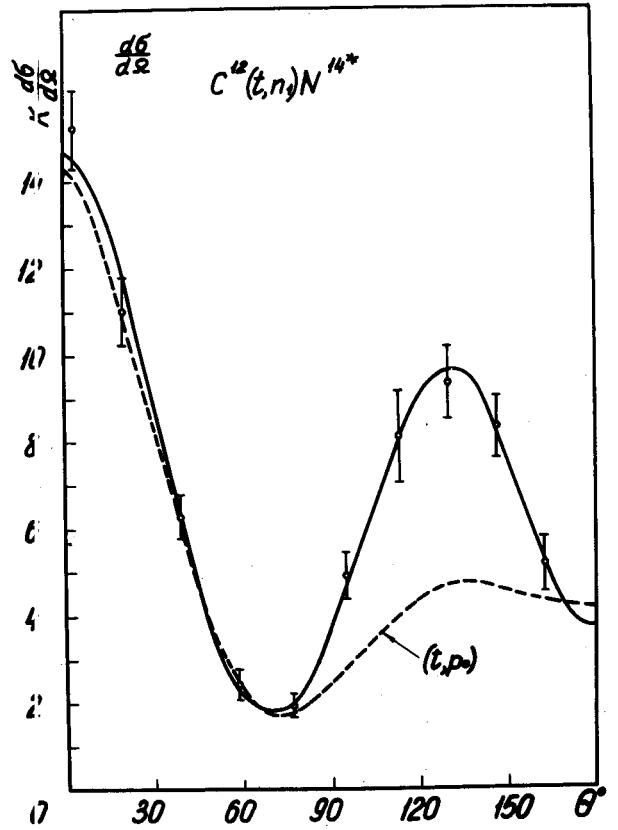
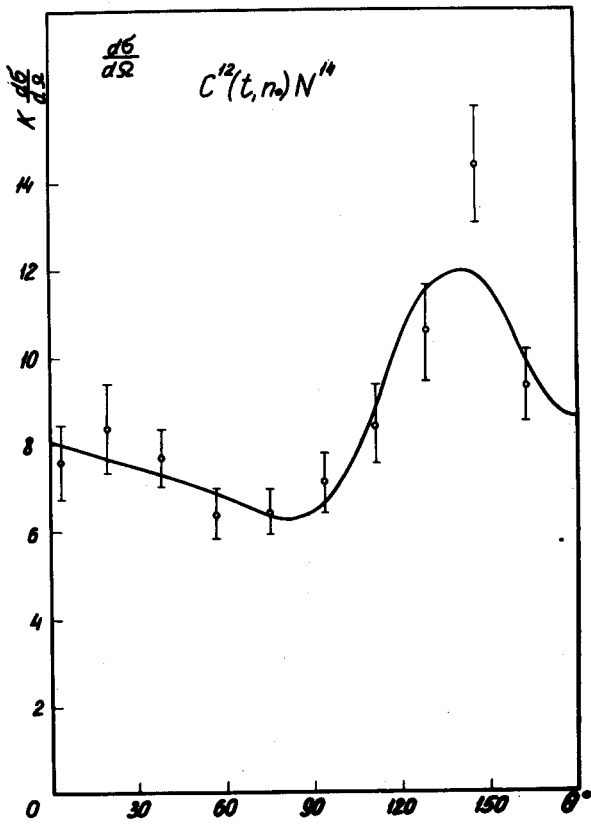


Рис. 83. Угловые распределения нейтронов из реакции $C^{12}(t,n)N^{14}$ при энергии ионов трития 1,7 Мэв для основного состояния (а), первого (б) и второго (в) возбужденных состояний N^{14} .

$\psi \in \mathcal{H}, \psi \rightarrow 0 \text{ as } |x| \rightarrow \infty$

$$\|\sigma \psi\|_{\mathcal{H}} = \|\psi\|_{\mathcal{H}}$$

$$u = p^2 = q^2 - p_0^2 \quad \langle T(p^2), \psi(p) \rangle =$$

$$m_0 > 0 \quad = \int T(p^2) \psi(p) dp$$

$$\frac{\partial(u, q)}{\partial(p, q)} = -2p_0 \rightarrow \frac{1}{2|p_0|} du dp = dp_0 dq$$

$$p_0 = \sqrt{q^2 - u} \quad p_0 < 0$$

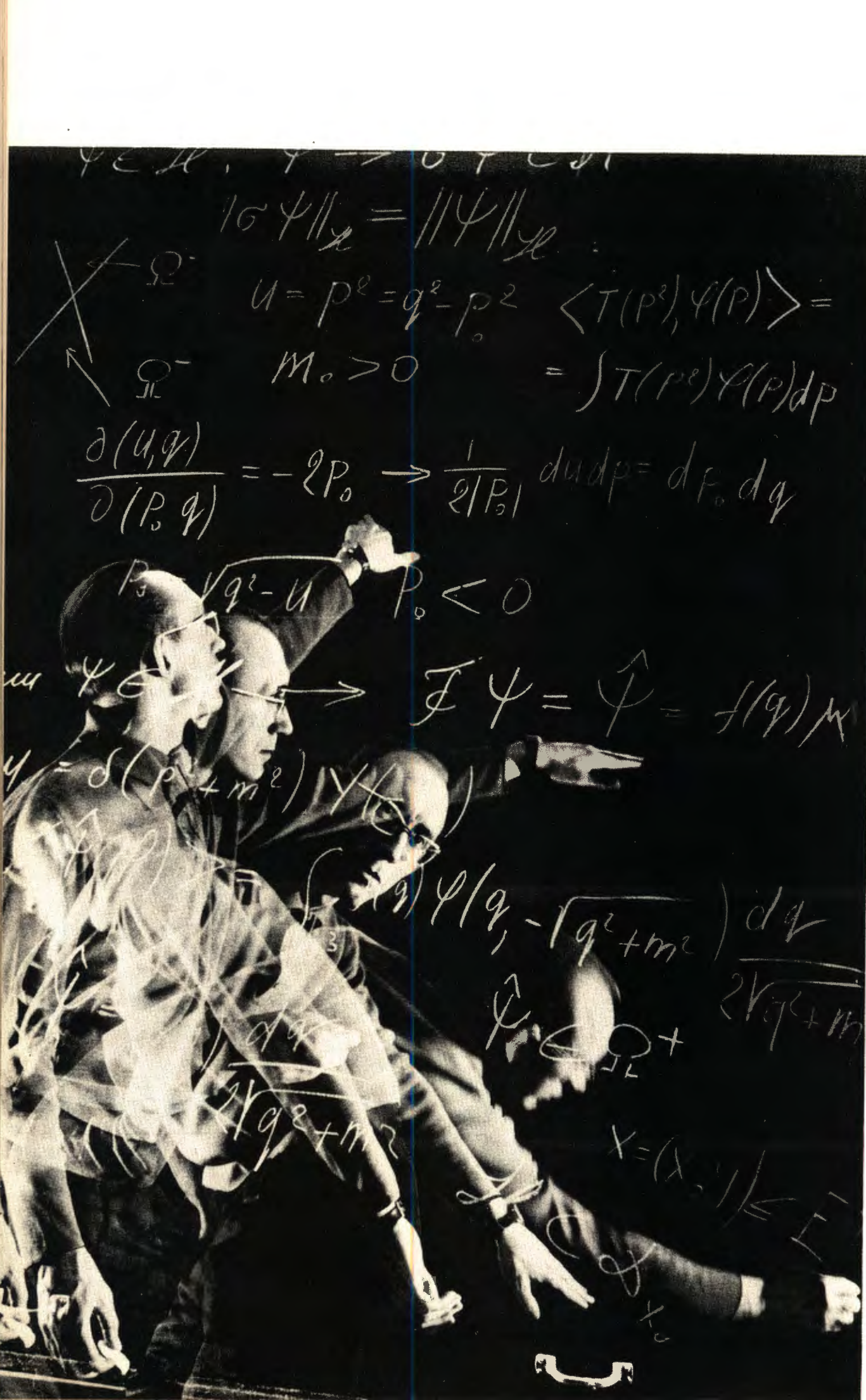
$$\mathcal{F} \psi = \hat{\psi} = f(q) \mu$$

$$\psi \in \mathcal{H} \rightarrow \delta(p^2 + m^2) \psi(p)$$

$$\int \psi(q, -\sqrt{q^2 + m^2}) \frac{dq}{2\sqrt{q^2 + m^2}}$$

$$\int \psi(q, \sqrt{q^2 + m^2}) \frac{dq}{2\sqrt{q^2 + m^2}}$$

$$x = (x, y) \leq \mathbb{R}^2$$



Лаборатория
теоретической
физики

Свойства симметрии элементарных частиц

В лаборатории проводились исследования групп $SU(3)$, $SU(6)$ и их обобщений для описания элементарных частиц. Здесь развит "геометрический" метод получения массовых формул в теории унитарной симметрии, позволивший выяснить некоторые неожиданные закономерности в природе массового расщепления адронов.

С помощью теоретико-группового описания высших орбитальных состояний в формализме теории симметрий показано, что в группе симметрии $SU(6) \times SU(6)$ $j=1/2, \ell=0$ сохраняются все результаты обычной $SU(3)$ -теории (например, $\mu_n / \mu_p = -2/3$ $j=1/2, \ell=1$) и, кроме того, имеется простая возможность для получения согласующегося с экспериментом значения G_A / G_V .

В работах по исследованию высших лептонных симметрий для классификации лептонов предложена группа $O(5)$, причём слабый лептонный ток помещен в векторное (пятимерное), а не присоединенное представление группы. Основной вывод заключается в том, что, если лептоны описываются группой $O(5)$, то слабые взаимодействия между ними осуществляются через промежуточный W -бозон.

Изучались свойства симметрии уравнений волновой механики с целью установления связи между симметрией лагранжевой функции, группами Ли, алгеброй Ли, вырождением и замкнутыми траекториями. Рассмотрен случай разделения переменных в группе Лоренца, конформной группе, малых группах группы Пуанкаре. Исследован полный набор квантовых чисел в задачах с определенной симметрией. Проведено систематическое изучение коллинеарных групп симметрий, в частности рассмотрены поляризационные эффекты в коллинеарных процессах. Исследована двухмезонная аннигиляция покоящегося антипротона в симметрии $SU(3) \times SU(3)$ и показано, что предсказания находятся в согласии с экспериментом.

Симметрии $SU(3) \times SU(3)$ и $SU_w(6)$ были применены к барион-барионному рассеянию, к рождению векторных мезонов и барионных резонансов. Рассмотрен вопрос о проверке полученных результатов с помощью поляризованной протонной мишени. Исследован мультиплет 186 группы $SU(6)$ и бесконечно-параметрические группы. После успеха теории нерелятивистских $SU(3)$ - и $SU(6)$ -групп разными авторами было предложено релятивистское обобщение этих групп. По существу такое обобщение приводит к некомпактным группам.

До сих пор в рамках группы $SU(6)$ и лоренц-инвариантности удавалось рассматривать только коллинеарные бинарные реакции (группы $SU_w(6)$), что затрудняло сравнение с экспериментом. В последнее время в ЛТФ построена релятивистская версия группы $SU(6)$ для бинарных реакций общего типа без ограничения коллинеарностью. Новая группа $SU_x(6)$ основана на спиновых преобразованиях, определяемых импульсами всех частиц из реакции. Она составляет инвариантными свободные уравнения и дает непротиворечивые ограничения их амплитуды. Группа $SU_x(6)$ позволяет сделать много предсказаний для экспериментов при больших энергиях, которые исследуются в настоящее время.

Исследовалось релятивистское обобщение $SU(6)$ -симметрии с многомерными импульсами. Нарушение симметрии вводилось требованием, чтобы ненулевые компоненты многомерного импульса коммутировали с изотопспином, гиперзарядом и обычным спином. В результате получены хорошие массовые формулы для мезонов. Рассматривалось также объединение некомпактной группы внутренней симметрии $U(6,6)$ с группой Пуанкаре. Получены массовые формулы для мезонов и барионов, которые удовлетворяются даже в первом приближении с хорошей точностью. Предсказано существование скалярного нейтрального мезона с массой 1000 Мэв. Можно предполагать, что этот мезон соответствует недавно обнаруженному резонансу в системе двух K -мезонов с теми же квантовыми числами и близкой массой.

Исследована вырожденная серия самосопряженных представлений группы $U(p, q)$ которая при $p = q = 6$ может служить для классификации мезонов и мезонных резонансов. Интересные результаты были получены при исследовании некомпактных групп в применении к изучению элементарных частиц. Была раз-

вита новая техника построения унитарных представлений некомпактных групп и показано, что теория симметрии с бесконечными мультиплетами несовместима с локальностью и аналитичностью.

Динамическая модель кварков

Динамическая модель кварков позволяет понять простым и наглядным образом многие явления в мире элементарных частиц. Модель вызывает особый интерес потому, что на её основе можно получить результаты, которые не следуют из теоретико-группового рассмотрения. В рамках модели кварков получены абсолютные значения вероятностей распадов мезонов ($\pi \rightarrow \mu\nu$; $\rho, \omega \rightarrow e^+e^-$). На основе модели кварков были единым образом рассмотрены слабые радиационные распады барионов и мезонов. Результаты хорошо согласуются с экспериментом. Рассматривались магнитные моменты и константы аксиальных переходов для барионов без предположения об $SU(6)$ -симметрии волновой функции. Было показано, что в модели кварков надо учитывать смешивания конфигураций. Проблема смешивания представлений рассматривалась многими авторами на основе алгебры токов. В модели кварков эта задача получает наглядную физическую интерпретацию.

Весьма полезным оказалось использование модели кварков в дисперсионных правилах сумм. Предложена и разрабатывалась модель кварков, обладающих собственным мезонным полем. Показано, что исходя из феноменологических взаимодействий кварков с мезонами и градиентной инвариантности электромагнитного поля, можно получить следствия, не вытекающие из $SU(6)$ -симметрии. Объяснен и предсказан ряд экспериментально наблюдаемых эффектов электромагнитного взаимодействия (электромагнитные распады резонансов, сечения фоторождения мезонов вблизи порога). Изучен ряд электромагнитных характеристик адронов в модели кварков с учётом нарушения $SU(3)$ -симметрии.

Алгебра токов и дисперсионные правила сумм

В последнее время ряд интересных результатов по изучению сильных, слабых и электромагнитных вершин был получен на основе метода алгебры токов, в котором постулируются значения одновременных коммутаторов токов. Как было замечено Швингером, задание одновременных коммутаторов не однозначно и может выполняться лишь в модельных случаях. В работах ЛТФ был развит метод дисперсионных правил сумм. На основе строго доказанных дисперсионных соотношений для величин, связанных с локальными векторными и акси-

альными токами адронов, при ограниченном количестве вычитаний сформулированы дисперсионные правила сумм для процессов рассеяния и фоторождения мезонов на барионах и др.

Выведены соотношения Адлера-Вайсбергера, определяющие перенормировку аксиальной константы слабого взаимодействия, и правила сумм Кабиббо-Радикати, связывающие магнитные моменты нуклона и изовекторные радиусы распределения зарядов в нуклоне, которые были ранее получены с помощью алгебры токов. Были найдены различные соотношения между константами связи и магнитными моментами барионов, которые хорошо согласуются с экспериментом.

Было выведено и детально рассмотрено правило сумм для магнитных моментов (недавно это же правило получено американскими физиками). Это правило демонстрирует возможность описания статических характеристик элементарных частиц. На его основе рассмотрен эффект влияния связи нуклона в ядре на его аномальный магнитный момент.

Рис. 84. Ученый совет Лаборатории теоретической физики присудил ученую степень доктора физико-математических наук советским ученым В.И.Огиевскому, С.М.Биленькому, Р.М.Рындину и степень кандидата физико-математических наук чехословацкому ученому Павлу Винтернитцу.



Методы сильных взаимодействий

В лаборатории рассмотрены возможные применения поляризованной протонной мишени (ППМ) в физике высоких энергий. Предложен общий метод определения спинов и чётностей нестабильных частиц и резонансов, основанный на изучении поляризационных характеристик. Этот метод применим к любой реакции и, в частности, может быть использован для определения спина и чётности Ω^- в реакциях на ППМ. Разработан релятивистский метод прямого восстановления матриц мезон-нуклонного и нуклон-нуклонного рассеяний (требуется ППМ). Предложен метод непосредственной проверки СРТ-инвариантности, основанный на изучении поляризационных эффектов в упругом рассеянии антипротонов протонами. Рассмотрен метод детальной проверки изотопической инвариантности при изучении поляризационных явлений.

Интересными являются исследования рассеяния частиц на большие углы. С помощью квазипотенциального метода удалось показать, что, исходя из комплексного потенциала, можно дать теоретическое объяснение асимптотического спада эффективного сечения рассеяния при больших передачах.

На основе волнового уравнения для плоских волн при подборе подходящих граничных условий рассматривалась возможность получения уравнения спектра масс элементарных частиц. Так как при этом необходимо получить решения для частиц, обладающих зарядом, то оказалось, что искомые решения должны обладать сингулярностями. Это аналогично включению плотности распределения заряда в свободные уравнения Максвелла.

Были получены интересные результаты в работах по физике сильных взаимодействий. Численными расчётами на электронных машинах было показано, что дисперсионные соотношения для πN -рассеяния под нулевым углом хорошо согласуются с экспериментальными данными, полученными в ЛВЭ при 3; 5 и 6 Гэв, и противоречат американским данным в области больших энергий. Причина такого расхождения остается пока неясной, во всяком случае, это расхождение такого характера, что устранить его в рамках современной дисперсионной теории не представляется возможным. Интересно, что в случае упругого NN -рассеяния эксперимент и теория хорошо согласуются во всей исследованной области энергий.

Другой важный результат, полученный в этом направлении, относится к неупругим взаимодействиям при высоких энергиях. Для описания таких взаимо-

действий построена статистическая теория, утратившая свойство унитарной симметрии. Построенная теория позволяет с помощью всего лишь одного подбираемого из опыта параметра объяснить средние характеристики неупругих взаимодействий (множественность, средние спектры рождающихся частиц, сечения образования странных частиц и т.д.) во всей области энергий от 1 до 30 Гэв. Хорошо объясняется также явление аннигиляции антинуклонов.

Разработана новая модель взаимодействий частиц с ядрами при высоких и сверхвысоких космических энергиях. Эта работа ведется совместно с ФИАН СССР. На высокогорной станции ставятся соответствующие эксперименты.

Проводилось изучение решений уравнений типа Чу-Лоу. Был предложен метод решения целого класса нелинейных задач, описывающих упругое рассеяние в статическом пределе.

Свойства симметрии и слабые взаимодействия

Сотрудниками ЛТФ и ИФВЭ (Серпухов) была дана геометрическая интерпретация электромагнитного поля и нарушения CP-инвариантности в слабоэлектромагнитных взаимодействиях. Рассмотрены экспериментальные следствия этой модели, и предложена геометрическая интерпретация четырехфермионного взаимодействия и правил отбора в слабых взаимодействиях адронов и лептонов.

Исследовалась возможность изучения на ускорителе ЛЯП слабого взаимодействия $\Delta S = 1$ в реакции



Оказалось, что на ядре гелия-4 (для которого проводились оценки) сечение не может быть измерено из-за его малости.

Дано определение электрических и магнитных мультиполей первого и второго рода для частиц с произвольным спином. Подробно рассмотрены следствия условий, накладываемых на оператор тока эрмитовостью, лоренц-инвариантностью, градиентной и T-инвариантностями. В связи с гипотезой о нарушении CP-инвариантности в электромагнитных взаимодействиях подробно рассмотрены экспериментальные возможности обнаружения этого эффекта в упругом рассеянии электронов на поляризованных дейтронах.

Изучение структуры теории поля

Решение фундаментальных вопросов теории элементарных частиц является одной из основных задач ЛТФ. В этом направлении большой интерес представляют исследования возможностей выхода за рамки современной квантовой теории поля. Сюда относятся работы по изучению основных постулатов теории. В частности, было рассмотрено условие макропричинности для матрицы рассеяния и дан пример унитарной, но нелокальной S -матрицы, удовлетворяющей условиям макропричинности.

К этим исследованиям весьма тесно примыкает работа, предлагающая схему построения нелокальной модели квантовой теории скалярного поля, в рамках которой была построена S -матрица по теории возмущений без расходимостей. При этом причинность нарушалась в малых пространственно-временных областях.

Проведены исследования нелинейных уравнений. Решена задача рассеяния двух плоских волн в электродинамике Борна-Инфельда.

Большой интерес представляют работы по изучению связи теории элементарных частиц с теорией гравитации. Выдвинута гипотеза об элементарных частицах предельно больших масс - максимонах.

Структура сложных ядер

В лаборатории исследованы нечётные деформированные ядра в области $151 < A < 189$. Рассматривалось взаимодействие квазичастиц с фононами и при этом получены энергии коллективных неротационных состояний и их структура. Показано, что теория хорошо согласуется с соответствующими экспериментальными данными.

Изучалась структура нечётных деформированных ядер с $A > 231$, выявлены характерные особенности этой группы ядер. Была исследована также равновесная деформация возбужденных состояний несферических ядер и показано, что в ряде случаев она может быть отлична от равновесной деформации ядер в основных состояниях.

Проведено исследование $E2$ -и $E3$ -переходов в нечётных деформированных ядрах и совместно с МИАН им. Стеклова начаты исследования роли спиновых взаимодействий при коллективном движении в деформированных ядрах.

Рассчитаны равновесные деформации и квадрупольные моменты тяжелых ядер с использованием проектированных волновых функций.

Начато изучение уровней среднего поля ядер на основе потенциала с размытым краем. Разработан приближенный метод решения уравнения Шредингера для связанных состояний. Рассчитаны уровни и волновые функции для сферических ядер. Совместно с ФИАН СССР рассмотрены некоторые эффекты коррелятивных взаимодействий.

Проведено исследование по предсказанию новых магических тяжелых ядер.

Велась разработка различных вопросов ядерной проблемы многих тел. Так, например, изучалось спаривание сверхпроводящего типа на границе ядерной материи и в конечных ядрах, свойства состояний ротационных полос с большим моментом количества движения, связь коллективных и квазичастичных степеней свободы ядер. Были проведены детальные расчёты параметров остаточного

δ -взаимодействия в сложных ядрах, основанные на данных о свойствах бесконечной ядерной материи и матрицы реакции. Проведены оценки точности метода приближенного вторичного квантования.

Ядерные реакции

Развивался новый подход к вопросам рассеяния. В частности, рассмотрено рассеяние электронов на ядрах.

Учёными ЛТФ и ПНР совместно проведен анализ тонкой структуры углового распределения продуктов реакции передачи. Рассмотрено также влияние поляризации заряда на сечение передачи протона в состоянии с малой энергией связи.

Предложен метод описания реакций с перераспределением частиц, не требующий малости взаимодействия. Изучен и обобщен метод использования функций Штурма-Лиувилля в качестве базиса для разложения полной функции системы. Развита формализм многократного рассеяния частиц системой фиксированных центров (совместно с сотрудниками ИАЭ и Ташкентским государственным университетом, СССР).

Некоторые вопросы теории легких ядер и μ -захват

В сотрудничестве с НИИЯФ МГУ написан обзор по μ -захвату в легких ядрах.

Проведены исследования структуры уровней положительной чётности в ряде ядер и рассчитана вероятность перехода $\mu^- + \text{C}^{18} \rightarrow \text{B}^{18} + \nu$.

Проведение расчётов свойств некоторых легких ядер
по усовершенствованной модели Бракнера

Окончены расчёты нуклон-нуклонного потенциала, а также физических характеристик основного состояния ядер He^4 и O^{16} .

Проведен анализ различных подходов к проблеме ядерных сил на основе мезонной теории, написана обзорная статья по применению метода фазовых функций в ряде задач квантовой механики и совместно с ЛЯП подготовлена программа расчёта фаз нуклон-нуклонного рассеяния и определения параметров pN -потенциала в мезонной теории.

Некоторые вопросы задачи многих тел. Приложения к
конденсированным средам

Рассматривались некоторые вопросы электрон-фононного взаимодействия в неидеальных кристаллах. Получены выражения для элементарных возбуждений - квазичастиц с учётом колебаний примесных атомов.



Лаборатория
вычислительной
техники
и
автоматизации

В соответствии с решениями Ученого совета Объединенного института ядерных исследований и Комитета полномочных представителей в ОИЯИ во второй половине 1966 года создана Лаборатория вычислительной техники и автоматизации.

О структуре ЛВТА

В Лаборатории вычислительной техники и автоматизации созданы следующие 7 отделов:

1. Отдел базисных вычислительных машин, занимающийся эксплуатацией базисных машин М-20-1, М-20-2 и в будущем - машины БЭСМ-6.
2. Отдел измерительных центров лабораторий, эксплуатирующий и обслуживающий измерительные машины. Его задачей является также развитие измерительных центров на базе вычислительных машин и обеспечение связи их с экспериментальным оборудованием измерительных центров.
3. Отдел автоматизации разрабатывает автоматические сканирующие устройства, просмотрные столы и полуавтоматы, а также электронные устройства, необходимые для оснащения измерительных центров лабораторий.
4. Отдел обработки filmовой информации, в котором сосредоточена обработка на автоматах, полуавтоматах и просмотрных столах filmовой информации.
5. Математический отдел обработки экспериментальных данных, в функции которого входит создание новых программ и математическое обслуживание базисных и периферийных машин, а также обеспечение программами основных методических разработок Объединенного института ядерных исследований (сканирующих устройств, полуавтоматов и т.д.).

6. Отдел вычислительной математики, развивающий математические методы в приложении к задачам физики элементарных частиц и ядра и проводящий сложные расчёты в области физики ускорителей, реакторов и т.д.

7. Производственно-технический отдел и отдел обслуживания.

К настоящему времени все отделы укомплектованы руководителями, во всех отделах организованы научно-исследовательские группы, подобраны руководители этих групп.

В июне-июле 1966 года группой специалистов Института и стран-участниц была подготовлена записка о перспективном плане развития вычислительной техники и средств автоматизации в Объединенном институте ядерных исследований в текущем пятилетии. Предложения и рекомендации, содержащиеся в этом документе, были одобрены дирекцией. В настоящее время принимаются меры для реализации указанных рекомендаций в отношении:

а) оснащения измерительно-вычислительного комплекса Объединенного института ядерных исследований большой вычислительной машиной БЭСМ-6 и парком средних машин класса БЭСМ-4;

б) создания системы математического обслуживания в Институте на базе использования языка ФОРТРАН в качестве основного логического языка для работы на электронно-вычислительных машинах;

в) оснащения имеющихся в Институте и приобретаемых вычислительных машин устройствами внешнего оборудования.

Ниже приводится краткий отчет о деятельности отделов Лаборатории вычислительной техники и автоматизации в 1966 году.

Вычислительный центр

Большие работы по созданию программ и организации счёта были выполнены в связи с Международной конференцией по физике высоких энергий в Беркли, состоявшейся в сентябре 1966 года.

Ритмично работали вычислительные машины М-20. До их остановки на планово-профилактический ремонт было выдано полезного машинного времени на М-20-1 - 4887 часов (до 26 сентября), на М-20- II - 3517 часов (до 31 августа). Машина "Минск-2" обеспечила бесперебойный ввод и передачу на М-20 всех экспериментальных данных с измерительных полуавтоматов и данных, поступающих по кабелю с анализаторов ЛНФ. Произведена наладка и запущена в эксплуатацию в мае 1966 года ЭВМ БЭСМ-3М. До 1 октября на ней выдано 2230 часов полезного машинного времени. Наряду с эксплуатацией электронно-

вычислительных машин проводилась их модернизация и повышалась надежность их действия.

1. Модернизация ЭВМ. Разрабатывались технические задания, создавались схемы и производилась модернизация электронно-вычислительных машин для функционирования их на линии с искровыми камерами и измерительными полуавтоматами. На БЭСМ-3М была расширена оперативная память до 8 тыс. ячеек и введена соответствующая команда для работы со вторым кубом запоминающего устройства. Произведена разработка соответствующих схем для обеспечения связи машины БЭСМ-3М с входным-выходным регистром по приемке (или выдаче) информации с внешнего канала, а также схемы системы прерывания для работы БЭСМ-3М в режиме разделения времени между задачами.



Рис. 85. На вычислительной машине „Минск-22“ установлено устройство широкой печати. С его помощью можно выводить из машины текстовую информацию. Длина строки - 128 позиций.
На снимке: техник Н.Б.Безрукова проверяет качество пленки.

Для машины "Минск-2" изготовлено устройство охраны памяти. Создана программа "диспетчер", обеспечивающая возможность автоматической работы электронно-вычислительных машин с 8 различными программами и внешними объектами.

2. С о з д а н и е с и с т е м о б р а б о т к и экспериментальных данных на базе электронно-вычислительных машин М-20, "Минск-2" и БЭСМ-3М. Велись работы над составлением системы программ для обработки снимков с больших пузырьковых камер и усовершенствовалась ранее созданная система программ для пузырьковых камер с двумя объективами. Программа для больших пузырьковых камер будет универсальной геометрической программой для обработки экспериментальных данных, полученных при фотографировании одного события несколькими объективами. Построение программы позволит легко настраиваться на ту или другую камеру путем задания констант, характеризующих камеру.

Усовершенствование эксплуатируемой системы программ обработки данных производилось в основном для улучшения эксплуатационных качеств программ путем выявления и устранения причин, вызывающих отказы при счёте, введения более совершенных методов поиска начального приближения для горизонтальных и коротких следов, выброса точек и т.д. Создавались специальные программы для обеспечения возможностей обработки экспериментальных данных с использованием магнитной ленты в качестве промежуточного носителя информации.

Разрабатывались методика и алгоритмы программ управления полуавтоматическими измерительными приборами, работающими на линии с электронно-вычислительными машинами. Создан упрощенный вариант программы управления полуавтоматами с машины БЭСМ-3М, ведётся написание основного варианта программы. Упрощенный вариант позволяет вести накопление данных под контролем с измерительных полуавтоматов при условии проведения измерений событий, которые должны обрабатываться по одной программе. При этом возможно присоединение до 8-10 измерительных полуавтоматов к электронно-вычислительной машине. Создан также первый вариант программы управления группой полуавтоматов (до 5-8) с электронно-вычислительной машины "Минск-2". Завершается составление основного варианта программ с использованием обратной связи.

Созданы алгоритмы управления с электронно-вычислительной машины БЭСМ-3М работой искровых камер и методики съёма и предварительной обработки данных в режиме на линии и вне линии. Составлены и отлажены програм-

мы, и с их использованием проведен пробный эксперимент по рассеянию π^- -мезонов на протонах. При работе в режиме на линии производился съём данных с искровых камер, контроль правильности действия искровых камер и всей системы в целом, данные накапливались на магнитной ленте. С помощью программы для режима вне линии производилась полная обработка данных, накопленных в режиме на линии. При проведении опытного эксперимента было зарегистрировано около ста тысяч событий, из которых за 8 часов функционирования машины БЭСМ-3М было отобрано порядка сотни полезных событий. Накопленные данные обрабатываются, и результаты обработки будут использованы для создания оптимальных алгоритмов построения управляющих программ и программ обработки для будущих экспериментов. Работа по этой тематике велась совместно с ЛВЭ.

Проводилась эксплуатация и дальнейшее совершенствование системы программ обработки спектрометрических данных. В связи с созданием в ЛВТА специальной группы обработки спектрометрических данных первоначальный проект системы программ обработки с анализатором ЛНФ на "Минск-2" был изменен с целью обеспечения возможности работы одновременно с несколькими объектами (ЛНФ, ЛЯР, ЯС, РХ) при одновременном расширении библиотеки стандартных программ для предварительной и окончательной обработки экспериментальных данных. Сдана в эксплуатацию программа с простой предварительной обработкой спектрометрических данных на электронной машине "Минск-2" с использованием обратной связи.

3. Создание системы математического обеспечения на электронной машине БЭСМ-6. Для проведения работ по созданию системы математического обеспечения электронной машины БЭСМ-6 организована тематическая группа. Эта группа разработала общую схему системы математического обеспечения БЭСМ-6, подготовила технические задания на отдельные ее части (трансляторы с языков ФОРТРАН и АЛГОЛ, АССЕМБЛЕР, ЛОУДЕР, стандартный массив, язык управления мониторной системой, стандартный мнемонический код для БЭСМ-6). Готовятся отдельные части транслятора с ФОРТРАНа и системы. Транслятор с ФОРТРАНа позволит широко использовать библиотеку программ обработки экспериментальных данных, имеющихся в европейских и американских физических центрах. Работа по этой теме выполняется совместно с ВЦ МГУ.

Начата подготовка к созданию библиотеки программ обработки экспериментальных данных на БЭСМ-6 на языке ФОРТРАН. Производится изучение системы обработки данных на ФОРТРАНе в ЦЕРНе, разрабатываются проекты внедрения этой системы в Дубне.

4. Методы решения задач ядерной физики. Были найдены методы решения нелинейных задач путем введения параметра. Велись работы по теоретико-вероятностным методам и моделированию физических процессов методом Монте-Карло. Разрабатывались новые методы минимизации функционалов, а также методы по программированию и выполнению расчетов ускорителей (циклотрон, синхрофазотрон, Серпуховский ускоритель, релятивистский ускоритель). Разрабатывалась методика и выполнялись вычисления

Рис. 86. "Получили время". Радиохимики Лаборатории ядерных проблем научные сотрудники Х.Штрусный и Н.А.Бонч-Осмоловская обрабатывают на электронно-вычислительной машине результаты экспериментов по исследованию изотопов редких земель.

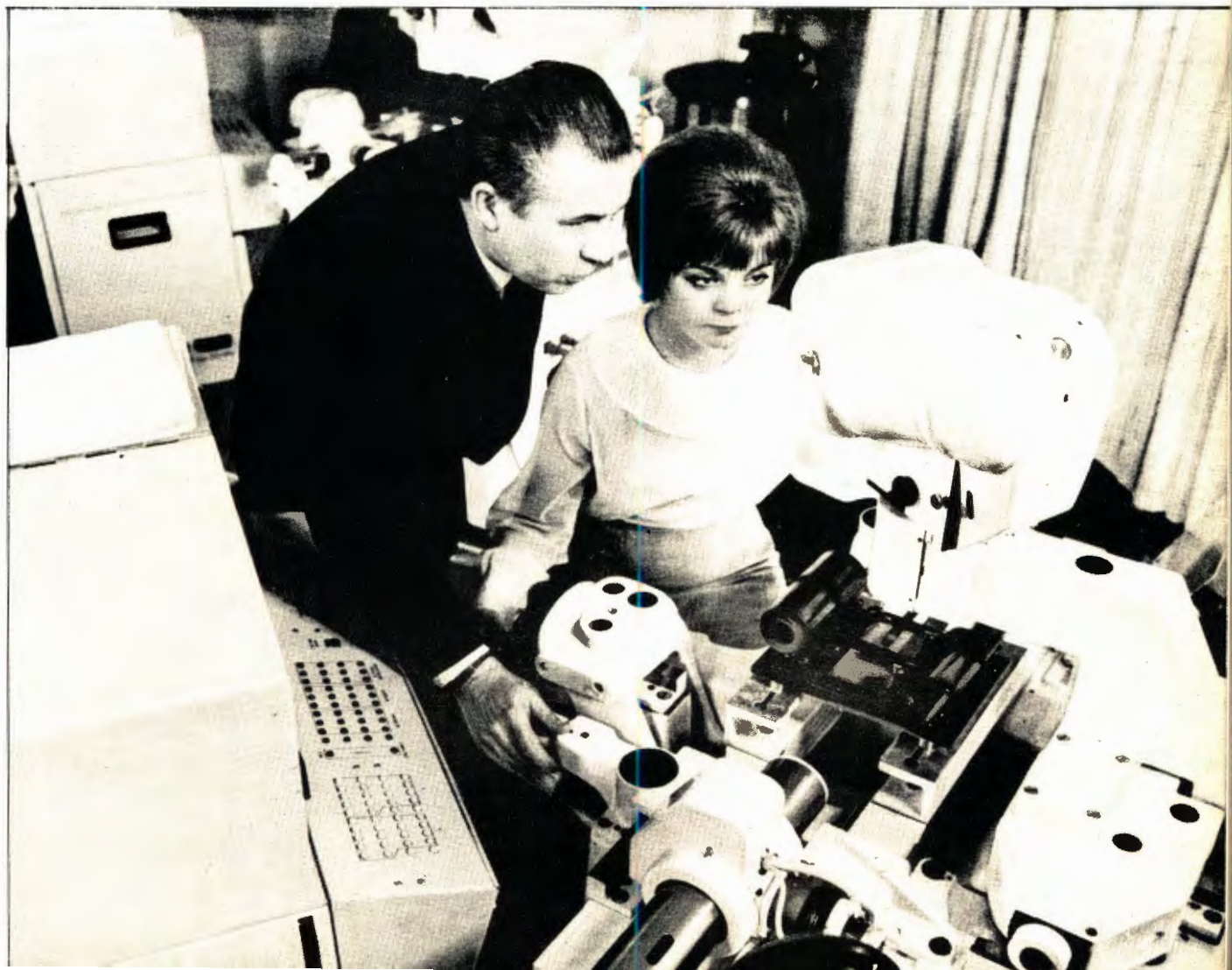


на ЭВМ по теме: "Теория квазичастичных и фононных возбуждений сложных ядер с потенциалом с размытым краем".

Кроме того, в Вычислительном центре создано графическое устройство для автономного вывода данных на график с перфокарт. Продолжались работы по изготовлению устройства для подготовки перфокарт с информацией на АЛГОЛе. Создана радиоэлектронная группа, и ею начато изучение машины БЭСМ-6. Созданы технические описания математического обеспечения машин М-20 и "Минск-2". Подготовлено техническое описание системы программ обработки данных фильмовой информации.

Рис. 87. Отдел обработки фильмовой информации Лаборатории вычислительной техники и автоматизации оснащен измерительными полуавтоматами для обработки камерных снимков. Координаты точек на треке полуавтомат перфорирует на бумажную ленту. Ведется наладка системы непосредственной связи полуавтоматов с вычислительной машиной.

На снимке: оператор В.Чернышова и руководитель группы Лаборатории высоких энергий доктор физико-математических наук М.И.Соловьев.



Отдел обработки фильмовой информации

Отдел был образован в октябре 1966 года на базе измерительного отдела ЛВЭ и измерительной группы ЛЯП. За 1966 год измерительным отделом ЛВЭ, измерительной группой ЛЯП и отделом обработки фильмовой информации было измерено 200 000 треков, что соответствует 65 000 событий (в трехлучевом исчислении). Основная часть измерений была выполнена на полуавтоматических установках, разработанных в ОИЯИ. В настоящее время ведется наладка системы непосредственной связи этих полуавтоматов с вычислительной машиной, что должно увеличить производительность труда при измерениях.



*Рис. 88. Полупроводниковая вычислительная машина БЭСМ-3М предназначена для работы "на линии" с измерительными полуавтоматами. Прием данных от полуавтоматов осуществляется в режиме прерывания.
На снимке: ст. инженер И.Н.Кухтина у пульта БЭСМ-3М.*

Группой организации обработки совместно с ЛВЭ и математическим отделом ЛВТА рассмотрен алгоритм определения импульса неизлучающей частицы, движущейся в рассеивающей среде, помещенной в неоднородное магнитное поле. Подробное рассмотрение задачи идентификации каналов реакций позволило полу-

чить формулу, подтверждающую эмпирическое правило, согласно которому предпочтение отдается гипотезе, характеризующейся большим числом уравнений связи, если χ^2 для обеих гипотез лежит в доверительном интервале.

Для исключения ряда ручных операций сортировки перфокарт, содержащих информацию об идентифицированных событиях, была составлена специальная программа вычисления эффективных масс и других кинематических характеристик, работающая с магнитной ленты.

Отдел автоматизации

В 1966 году разрабатывались и изготавливались блоки и узлы установок для автоматической обработки снимков с пузырьковых и искровых камер. Создавались системы связи автоматов с электронно-вычислительными машинами.

Изготовлена линия связи измерительный павильон ЛВЭ - БЭСМ-3М с передачей информации параллельным кодом. Проведена пробная эксплуатация линии. Переделаны и подключены 5 полуавтоматов на линии с БЭСМ-3М. Разработана электронная аппаратура съема информации с бесфильмовых ферритовых искровых камер.

Ряд работ был связан с обеспечением эксперимента группы Хачатуряна (ЛВЭ): изготовление камер для эксперимента, изготовление схем питания и управления, наладка аппаратуры на пучке, проведение экспозиции для набора статистики на пучке ≈ 2000 часов, модернизация аппаратуры - изготовление опытных камер и усовершенствование аппаратуры с целью улучшения параметров и контроля и повышения надежности. Велась разработка систем питания установок с искровыми камерами для групп Любимова, Оконова (ЛВЭ).

Научно-экспериментальная группа

Группа продолжала исследовательскую работу на шестиметровом синхротроне ОИЯИ в соответствии с планом ЛЯП на 1966 год, предусматривающим изучение группой pp -взаимодействия при 660 Мэв с целью получения новых данных о природе сильного взаимодействия, необходимых для дальнейшего уточнения фазового анализа выше порога одиночного образования π -мезонов.

В течение 1966 года была изготовлена электронная аппаратура к метровой искровой камере – анализатору поляризации быстрых протонов, написана программа анализа на машине "Минск-2" поляризационных данных, получаемых при помощи искровых камер. Изготовлено оборудование для большой стримерной камеры.

На синхроциклотроне были проведены эксперименты по указанной теме – измерялась поляризация протонов в неупругих pp – соударениях при 670 Мэв. Было получено около 0,5 миллиона снимков актов рассеяния протонов в искровых камерах.

■ III РАБОТА
ОСНОВНЫХ УСТАНОВОК
И СОЗДАНИЕ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ
АППАРАТУРЫ
В 1966 ГОДУ

Лаборатория

высоких

энергий

Большие пузырьковые камеры.

1. Проведено 4 пуска 2 - метровой пропановой пузырьковой камеры в пучке π^- -мезонов 3 Гэв/с, и получено около 10 000 фотографий для методических целей. Кроме того, производились разработка геометрических программ, получение нормальных фоновых условий при работе с ускорителем, определение точностей.
2. Группа 2 - метровой водородной камеры работала по двум основным направлениям: улучшение характеристик камеры, отработка её узлов и систем, а также отработка программы для обчёта событий. Произведено совместно с криогенным отделом 5 пусков камеры, и получено около 10 000 фотографий для методических целей.

Продолжались работы по усовершенствованию систем и узлов камеры, в частности, введена система резервных пневматических и электрических клапанов. Разработана и введена в строй система впечатывания в кадр информации о режиме работы. Изучены возможности применения в камере конверсионных пластин из свинцового стекла.

Закончены и введены в эксплуатацию внешний маркировочный щит и двоичная система кодирования кадров. Проведена подготовка программ восстановления пространственного положения следов и определения параметров частиц.

3. В соответствии с договором о сотрудничестве с ИФВЭ (Серпухов) о создании установки, включающей 2 - метровую водородную пузырьковую камеру, в ЛВЭ ОИЯИ идет изготовление отдельных систем и узлов



Рис. 88. Снимок процесса $\pi^- p \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^+ \pi^- \gamma \gamma \gamma$ в 1-метровой жидководородной камере.

этой установки. Закончено изготовление в экспериментальных мастерских холодной части механизма расширения, которая поставлена на стендовые испытания, в ЦЭМе сооружается корпус камеры и пульт управления. Согласовано техническое задание на проектирование магнита на 28–30 кгаусс.

Бесфильмовые искровые камеры

1. В сотрудничестве с ЛВТА изготовлена и испытана на пучке π^- -мезонов синхрофазотрона система проволочных искровых камер на линии с электронной вычислительной машиной БЭСМ-3М. Система включает в себя 9 искровых камер (каждая из которых позволяет измерять координаты X и Y искры при помощи линий из магнитоотрицательного материала), регистрирующую аппаратуру, линию передачи данных на расстояние порядка 1 км и электронную вычислительную машину.

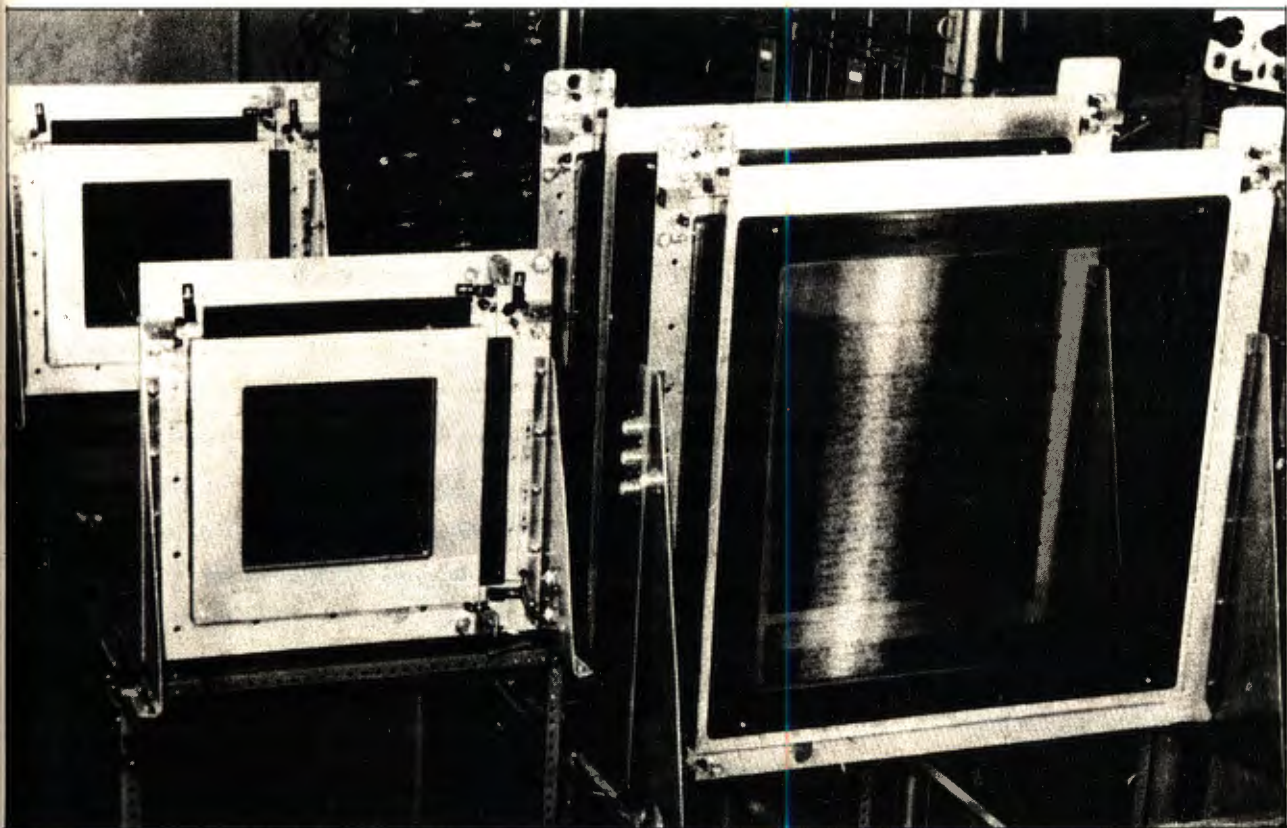


Рис. 90. Проволочные искровые камеры для исследования упругого π^- -рассеяния.

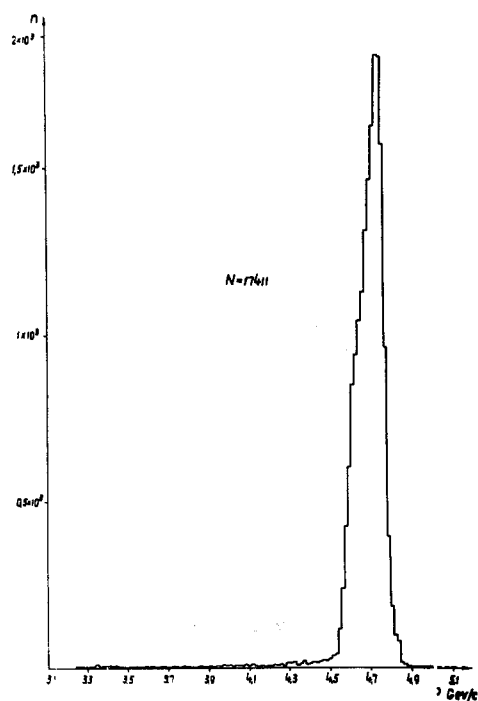


Рис. 91. Импульсное распределение пучка, измеренное с помощью бесфильмовых искровых камер на линии с БЭСМ-3М.

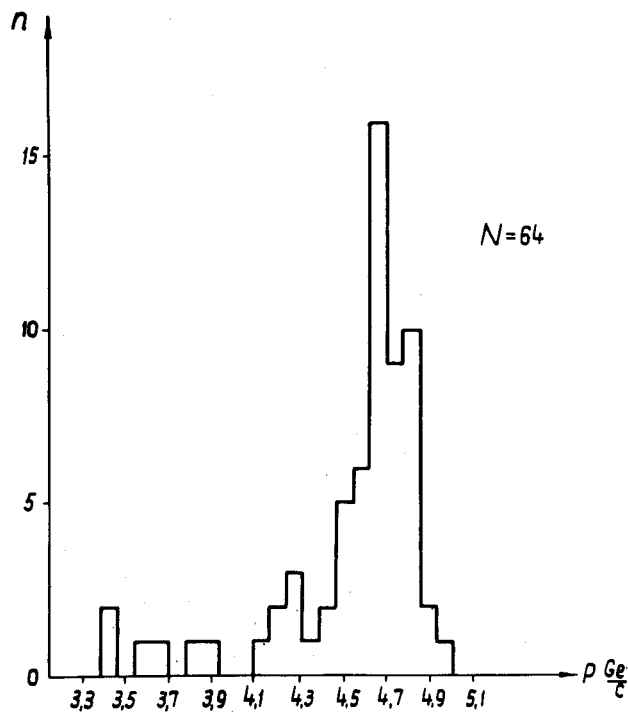


Рис. 92. Импульсное распределение π^- -мезонов, рассеянных на угол ≥ 10 мрад.

В целях тщательного испытания всей системы было проведено методическое облучение искровых камер в пучке π^- -мезонов с импульсом 4,7 Гэв/с. При этом измерялось импульсное распределение π^- -мезонов, рассеянных в водородной мишени на угол больше 10 мрад, что соответствует переданному импульсу $\sqrt{-t} \geq 47$ Мэв/с. Искровые камеры срабатывали в среднем 100 раз за импульс ускорителя. Эффективность камеры составляла 96%, количество пробоев по старому треку - 3%.

На рис. 90 дается внешний вид искровых камер, на рис. - 91 - импульсное распределение пучка, использовавшегося в эксперименте, а на рис. 92 - импульсное

распределение π^- -мезонов, рассеянных на угол $\theta \geq 10$ мрад в водородной мишени. Из последнего рисунка видно, что в распределении имеется пик упругого π^-_p -рассеяния. Дисперсия пика и его положение такие же, как в импульсном распределении пучка π^- -мезонов. Вклад фона составляет 10-15%. Всего при проведении испытаний обработано около 100 тысяч первичных π^- -мезонов.

Х а р а к т е р и с т и к и с и с т е м ы

Искровые камеры. Размеры: а) ИК-1 - ИК-7 $200 \times 200 \text{ мм}^2$,
 б) ИК-8 - ИК-9 $480 \times 480 \text{ мм}^2$,

Величина зазора 8 мм.

Количество вещества по пучку в одной камере $1,5 \times 10^{-3} \text{ г/см}^2$.

Точность измерения координат $\pm 0,6$ мм.

Неэффективность, включая пробой по старому треку, - 10%.

Время памяти ≈ 1 мксек.

Регистрирующая аппаратура.

Цена отсчёта $0,6$ мм.

Погрешность в определении координат, вносимая аппаратурой, $< 0,6$ мм.

Время регистрации одного события < 120 мксек.

Емкость регистрирующей аппаратуры 9 40-разрядных слов.

Линия связи с ЭВМ.

Рабочая частота линии связи 10^6 имп/сек.

Время передачи одного события ≈ 1 мсек.

Максимальное число событий, передаваемых в память ЭВМ за импульс ускорителя, 300.

2. Создана и испытана в пучке установка с проволочными камерами и ферритовой памятью, непосредственно связанная с электронно-вычислительной машиной БЭСМ-3М. Получены предварительные данные о параметрах установки (точность $\approx 0,8$ мм, эффективность камер $\approx 0,95$), которые могут быть улучшены. Подготовлены и опробованы соответствующие программы для обработки треков.

Стримерная камера в магнитном поле

Создана и испытана при максимальной интенсивности установка со стримерной камерой в магнитном поле, предназначенная для регистрации многочастичных распадов K^0 -мезона. Большие сцинтилляционные счётчики, окружающие камеру, позволяют осуществлять различные варианты запуска. Отметим, что до сих пор стримерные камеры в магнитном поле в физических экспериментах не использовались.

Установка готова к эксплуатации при интенсивности 10^{11} протонов/цикл (10^4 K^0 -мезонов/цикл). Уже в пробной экспозиции было зарегистрировано несколько редких четырехлучевых распадов K^0 -мезонов. На рис. 93 приведена фотография 4-лучевого распада K^0 -мезонов. Наиболее вероятная схема распада - $K^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0$ или $K^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- \gamma$ ($\gamma \rightarrow e^+ e^-$).

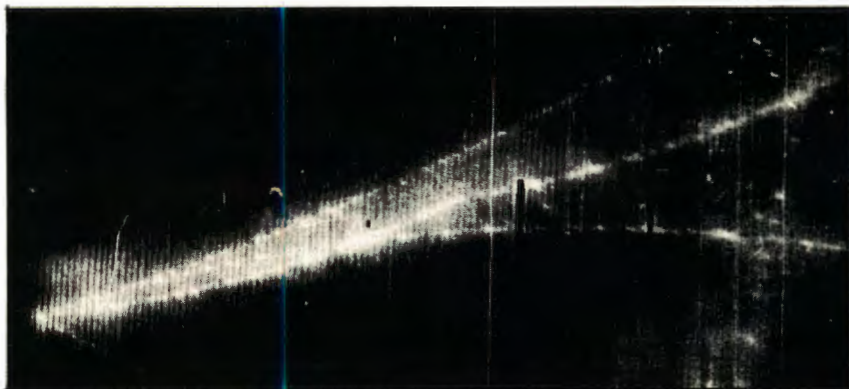


Рис. 93. Редкий случай 4-лучевого распада K_L^0 -мезона в стримерной камере в магнитном поле. Наиболее вероятная схема распада: $K_L^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- + (e^+ e^-) + \gamma$ с последующим распадом $\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu$ (излом в одном из треков).

Криогенные разработки

1. Существенно реконструирована к с е н о н о в а я к а м е р а и система ее охлаждения.
2. Выпущено задание на проектирование криогенных систем п я т и м е т р о в о й в о д о р о д н о й к а м е р ы, фактически в объёме эскизного проекта (рис. 94). В процессе проработки задания удалось найти ряд оригинальных решений. К ним относятся:

а) схема оживителя водорода, позволяющая заполнить камеру жидким водородом, параводородом, ортодейтерием и неон-водородными смесями;

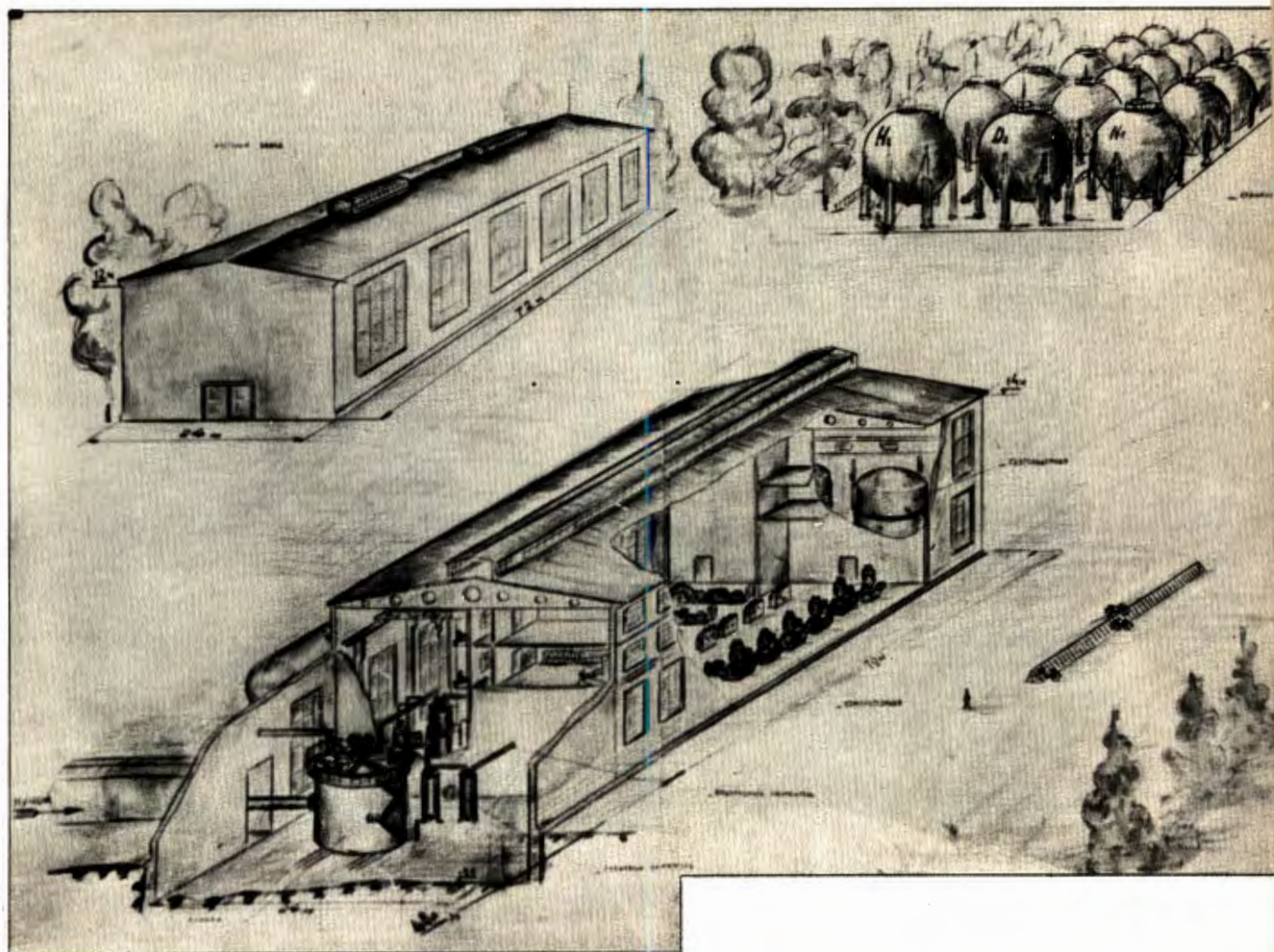


Рис. 94. Криогенное хозяйство 5-метровой жидководородной камеры.

б) схема ожижителя гелия, позволяющая охлаждать до температуры жидкого гелия 150 т металла сверхпроводящего соленоида;

в) система теплоизоляции камеры, при которой любой вид аварии не может вызвать испарения, превышающего производительность компрессии.

Кроме того, впервые проработан сверхпроводящий соленоид столь больших размеров (внутренний диаметр – 6 м, поле – 40 кгс) (рис. 95).

3. Разработаны и испытаны с водородом два новых типа водородных мишеней: длиной 50 см с лавсановыми окнами и коническая с лавсановыми и фольговыми окнами (рис. 96).

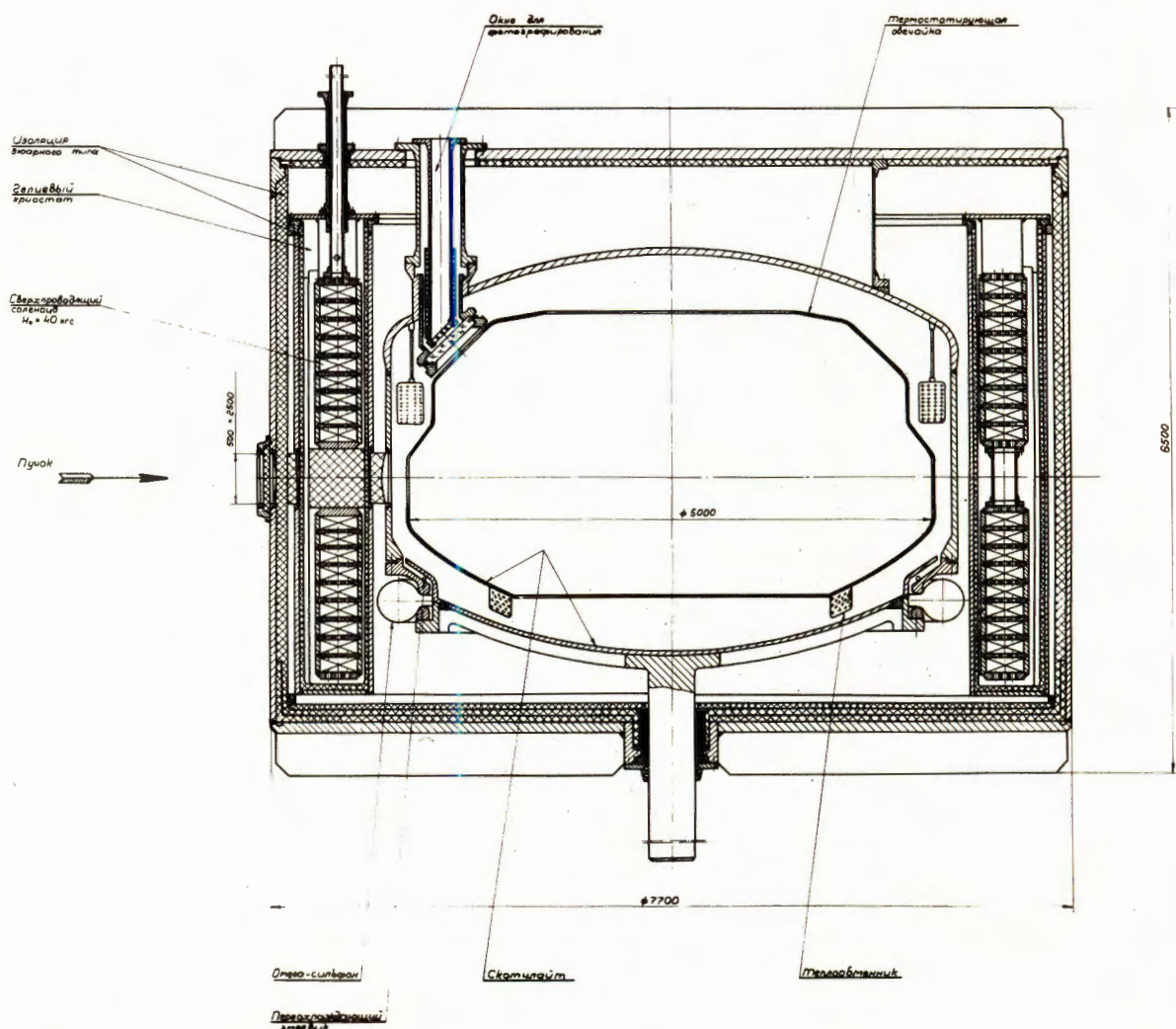


Рис. 95. 5-метровая жидководородная пузырьковая камера в сверхпроводящем соленоиде.

4. Введены в эксплуатацию разработанные в лаборатории 50-литровые сосуды Дьюара для водорода и гелия (рис. 97).
5. Закончен монтаж модернизированного варианта гелиевой части комбинированного водородно-гелиевого охладителя (ожидается увеличение производительности в 1,5 раза).
6. На криогенных установках в 1966 году выполнена следующая работа:

а) произведено газообразного водорода	– 18000 нм ³ ;
б) ожижено (литров):	
водорода	17166,
в т.ч. норм. Н ₂	6910,
в т.ч. пара Н ₂	10256,
гелия	5374;

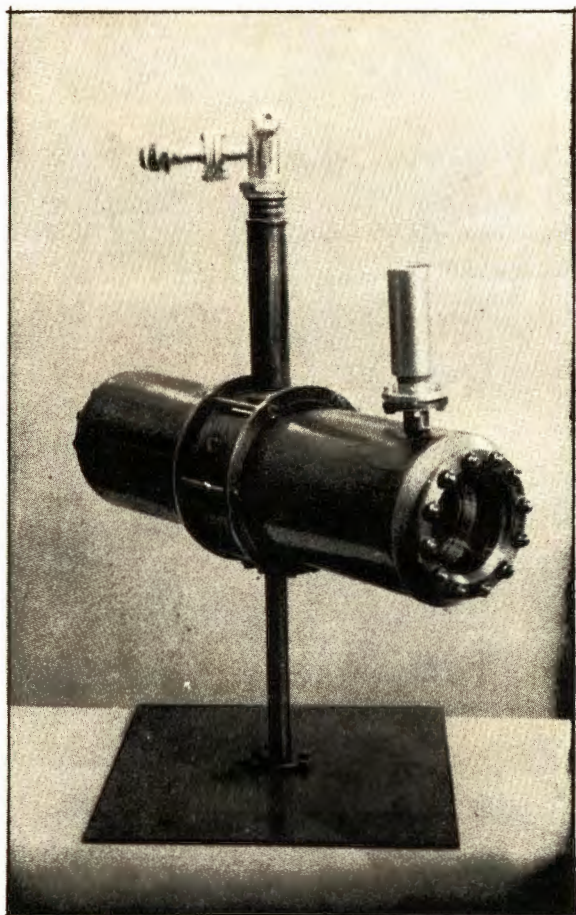


Рис. 96. Водородная мишень с лавсановыми окнами.

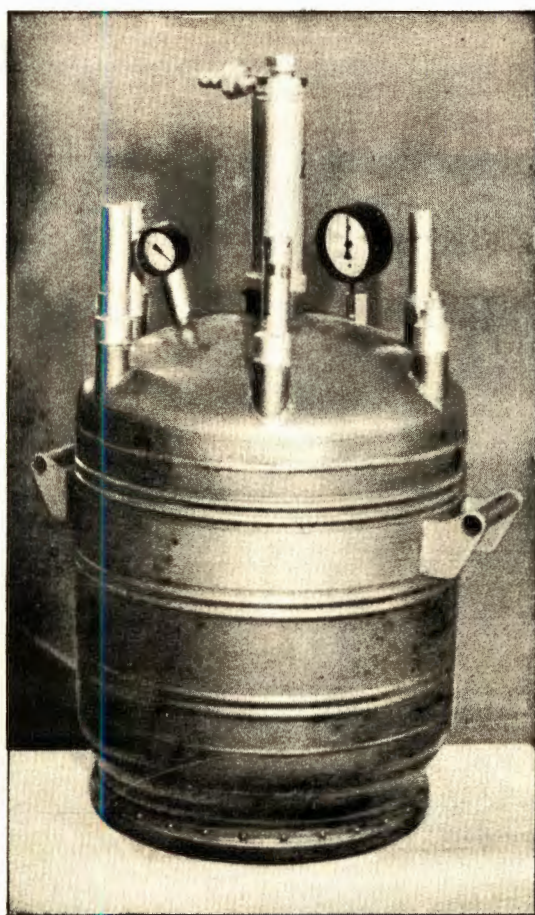


Рис. 97. 50-литровый сосуд Дьюара для жидкого водорода и гелия.

в) помимо этого, установка проработала с целью обслуживания камер 1680 часов.

Работы по синхрофазотрону

1. Основные показатели работы синхрофазотрона. В 1966 году ускоритель работал для выполнения физических экспериментов в течение 5246 часов. Средняя интенсивность ускоренного пучка равнялась $5,3 \cdot 10^{10}$ частиц в импульсе, а максимальная — $1 \cdot 10^{11}$ частиц в импульсе.

В пучках частиц от синхрофазотрона проводились (рис. 98) экспозиции на пузырьковых камерах и велись эксперименты с применением электронной методики. За 891 час экспозиции на ксеноновой камере получено 351400 снимков; на 40-сантиметровой жидководородной камере за 105 часов

сделано 60 000 снимков; на однометровой пропановой камере за 160 часов - 65500 снимков. Для камеры Вильсона, работавшей в 11-м импульсе ускорителя, было выделено 1561 час машинного времени. Работы с электронной аппаратурой на ускорителе велись в течение 3440 часов.

2. К а н а л ы п у ч к о в ч а с т и ц .

а. Созданы новые каналы вторичных частиц: π^- -мезонов с импульсом 4 Гэв/с, π^- -мезонов с импульсом 1,16 Гэв/с и K^+ -мезонов с импульсом 0,75 Гэв/с.

б. Выполнены работы по совершенствованию высоковольтной аппаратуры сепараторов - разработано балластное сопротивление на ± 500 кв, реконструированы вакуумные вводы в балластные сопротивления.

3. У с о в е р ш е н с т в о в а н и е с и н х р о ф а з о т р о н а .

а. Проведены исследования и разработки, связанные с проектированием и из-

- I. Пучок π^+, K^+ -мезонов
($P \leq 6$ Гэв/с)
- II. Пучок нейтральных
K-мезонов
- III. Сепарированный пучок
 p, α, π^+ и K^+ -мезонов
($P = 4$ Гэв/с)
- IV. Пучок π^- -мезонов
($P = 4$ Гэв/с)
- V. Пучок π^- -мезонов
($3,5 \text{ Гэв/с} \leq P \leq 7 \text{ Гэв/с}$)
- VI. Антипротонный канал,
электрост. сепарация
($P \leq 3,8 \text{ Гэв/с}$)
- VII. Пучок π^- -мезонов
($P \leq 5$ Гэв/с)
- VIII. Антипротонный канал,
электродинам. сепарация.
($P \leq 5 \text{ Гэв/с}$)
- IX. Пучок π^- -мезонов
($2 \text{ Гэв/с} \leq P \leq 7 \text{ Гэв/с}$)
- X. Пучок π^- -мезонов
($2 \text{ Гэв/с} < P < 7 \text{ Гэв/с}$)
- XI. Пучок K^+ -мезонов
($P \leq 0,76$ Гэв/с)

- | | |
|----------------------|----------------------|
| ● Квадрупольные фо- | ● Магнит СП-57 |
| ■ кукусирующие линзы | ⊕ Магнит СП-94 |
| ● Магнит СП-40 | ⊖ Электростатический |
| ● Магнит СП-12 | сепаратор. |
| ● Магнит СП-100 | ● Магнит СП-41Г |

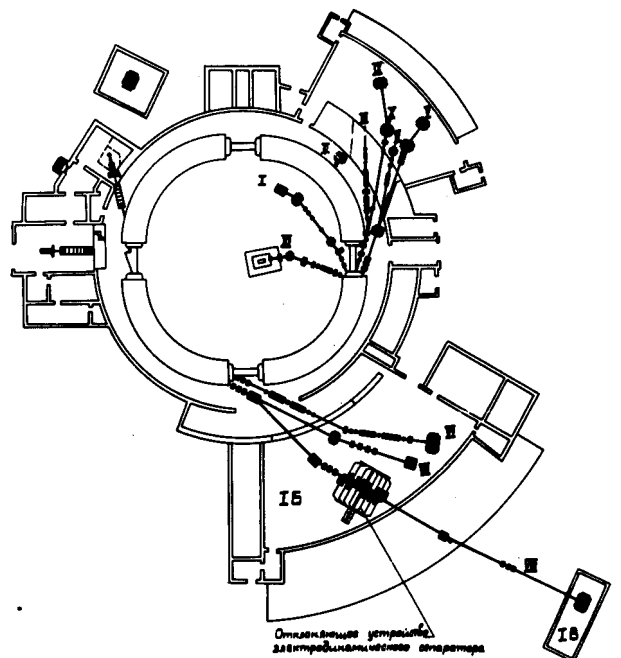


Рис. 98. Схема пучков синхрофазотрона ЛВЭ ОИЯИ.

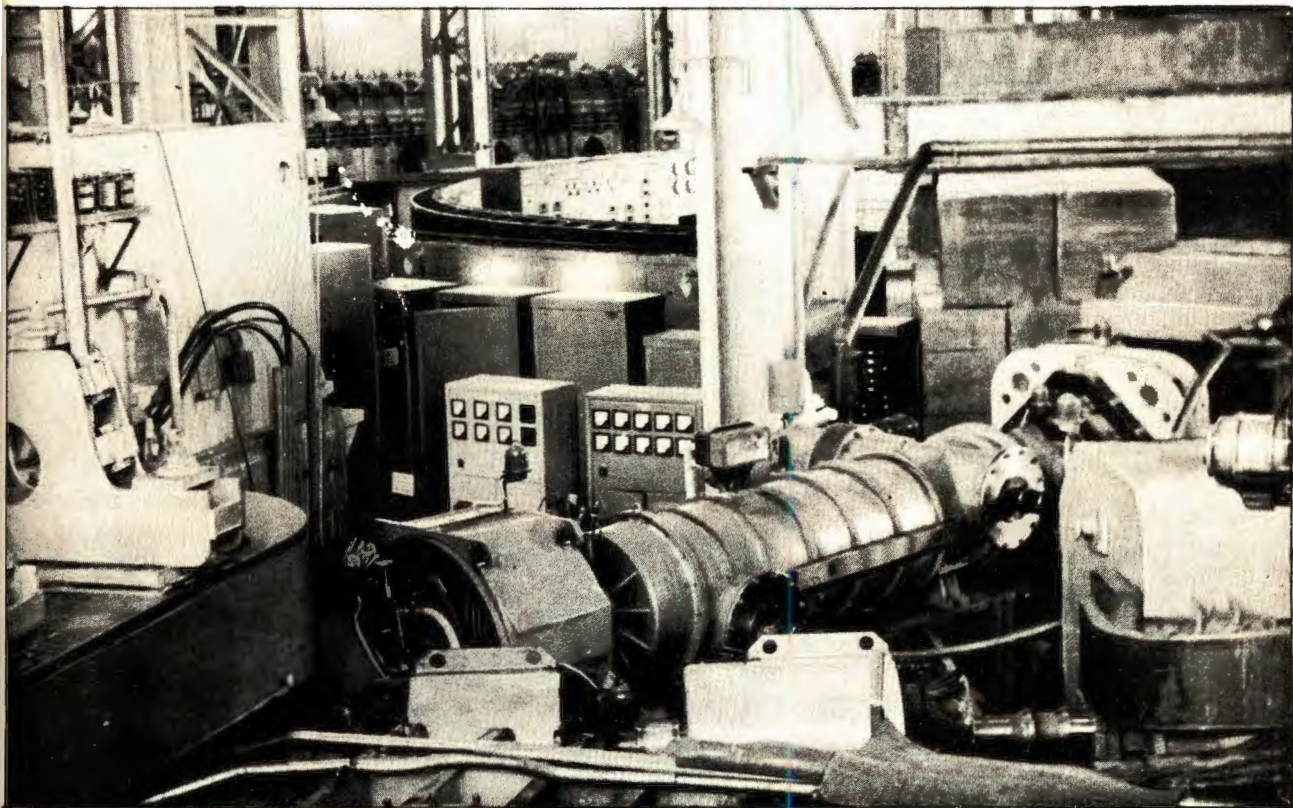


Рис. 99. Канал для формирования пучка K^+ -мезонов с импульсом 0,75 Гэв/с с электростатической сепарацией.

готовлением нового инжектора – линейного ускорителя с жесткой фокусировкой на 20 Мэв (рис. 100). В частности, завершены исследования по выбору оптимальной геометрии монтажной системы квадрупольных линз для трубок дрейфа (рис. 101), разработана методика и аппаратура для измерения магнитного центра квадрупольных линз, выполнены теоретические исследования по радиальному движению ускоренных частиц в ускоряюще-фокусирующем канале, на основании которых произведен расчёт градиентов квадрупольных линз в каждой трубке дрейфа.

б. Введена в эксплуатацию система возбуждения азимутальной асимметрии магнитного поля синхрофазотрона, предназначенная для улучшения условий работы в различных каналах выведенных пучков частиц от ускорителя.

в. Закончены работы по реконструкции системы водоохлаждения вакуумных

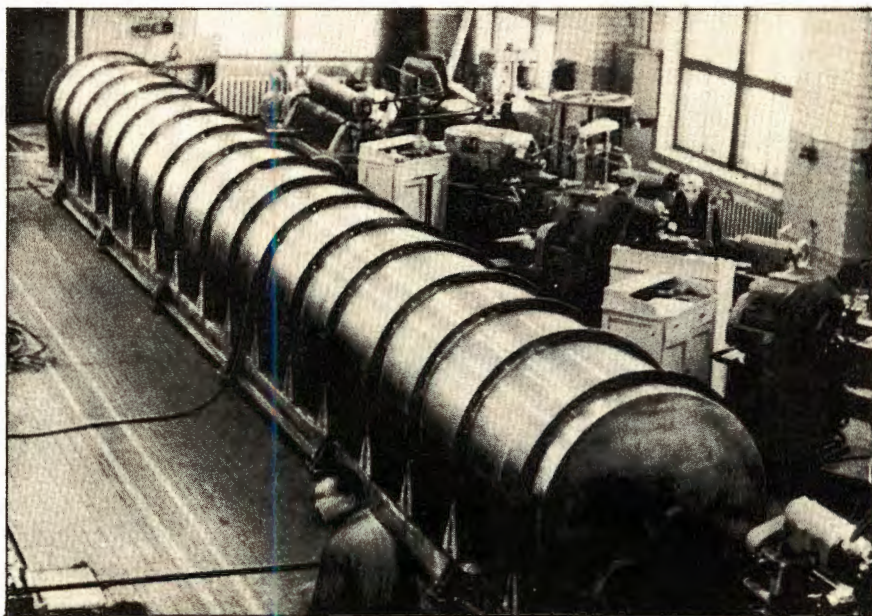


Рис. 100. Резонатор линейного ускорителя с жесткой фокусировкой на 20 Мэв.

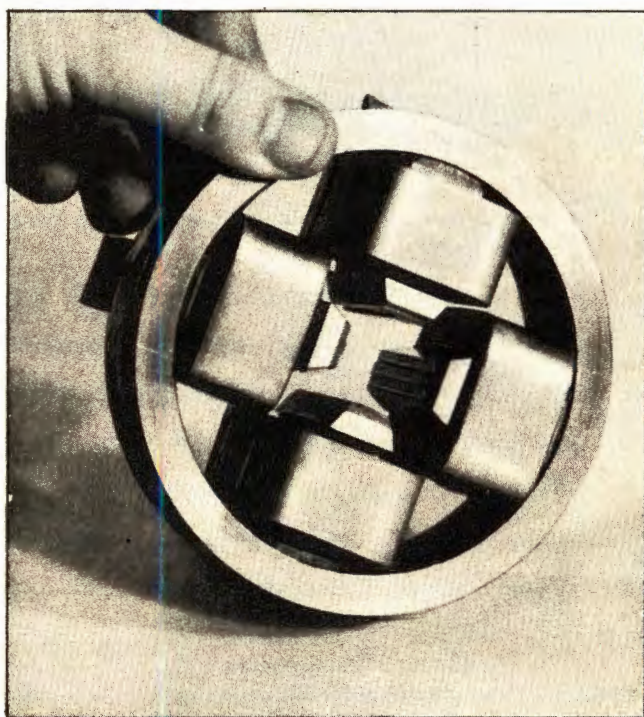


Рис. 101. Квадрупольная линза фокусирующей системы линейного ускорителя на 20 Мэв.

агрегатов, что наряду с другими мерами позволило добиться улучшения вакуума в камере синхрофазотрона и снизило простой ускорителя по вине вакуумных агрегатов.

г. Выполнены работы по монтажу и наладке вакуумных систем на антипротонных каналах на 5 Гэв и 3 Гэв, а также на K^+ -мезонном канале.

д. Отработан режим так называемого "стола" в кривой магнитного поля синхрофазотрона (рис. 102). В таком режиме ускоритель работал свыше 3000 часов, что существенно улучшило условия вывода высокоинтенсивных пучков вторичных частиц из ускорителя (длительность вывода доведена до 300 мсек) и, следовательно, условия проведения экспериментов с искровыми камерами и счётчиками.

е. Разработаны и введены в эксплуатацию: новая схема датчиков циклов размагничивания, буферный шкаф токов, схема ограждения толчков тока главных агрегатов, реконструирована схема контроля за стабильностью токов агрегатов питания магнита и линз.

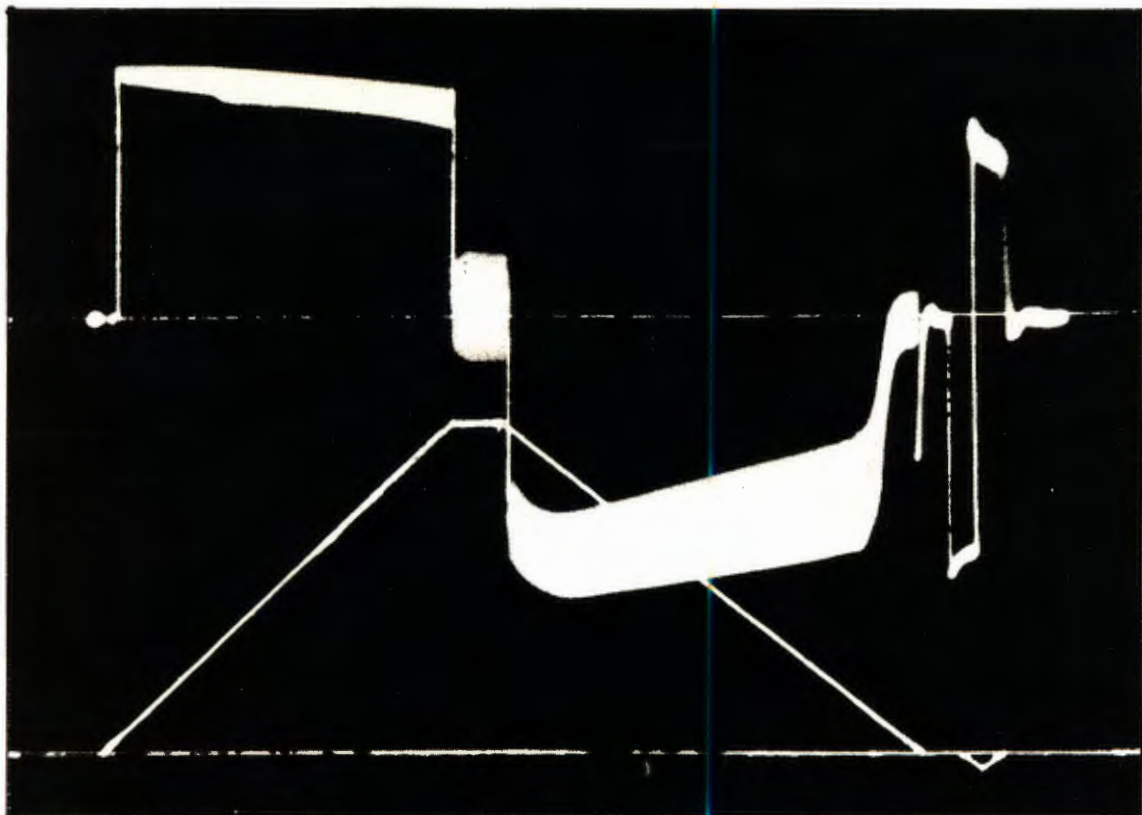
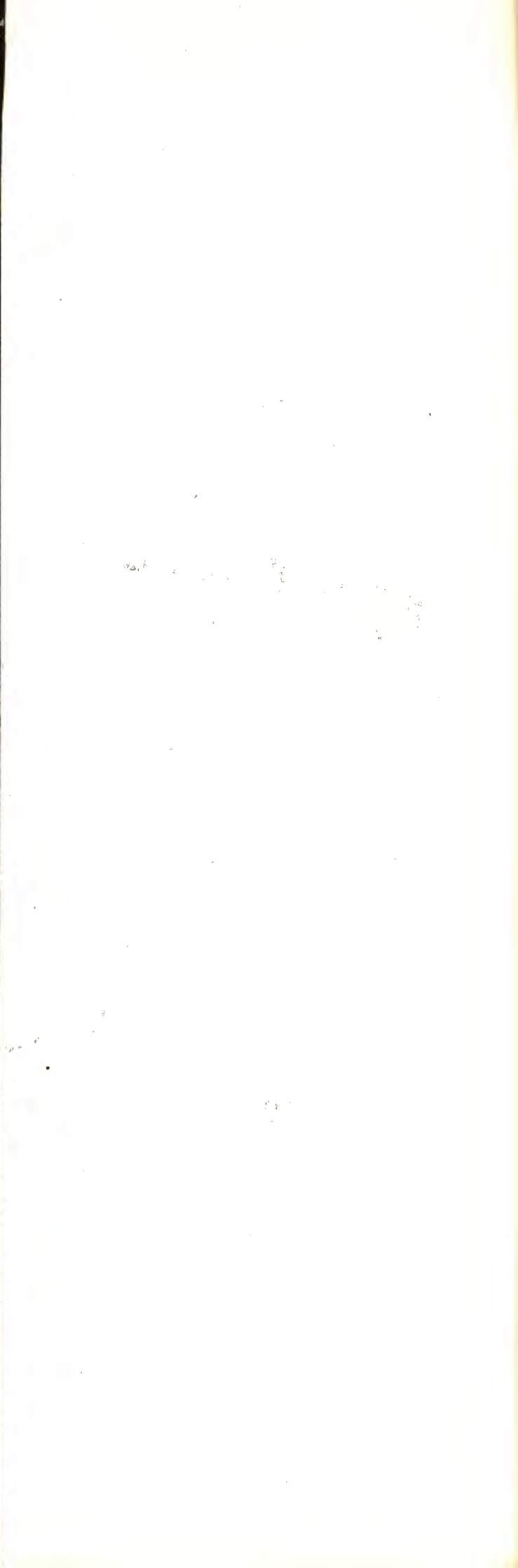


Рис. 102. Оциллограммы режима "стола" синхрофазотрона. Кривые напряжения (вверху) и тока (внизу) магнита ускорителя при работе в номинальном режиме со "столом" в кривой главного тока. Длительность "стола" 0,5 сек.



Лаборатория
ядерных
проблем

Аппаратура для исследований с элементарными частицами

1. Аппаратура для изучения редких распадов мезонов. Для этой цели в лаборатории создана многослойная цилиндрическая искровая камера диаметром 40 см и высотой 30 см, которая помещена в магнитное поле с напряженностью до 10000 эрстед. Между некоторыми разрядными промежутками камеры помещаются свинцовые конвертеры, обеспечивающие эффективную регистрацию гамма-лучей, испускаемых при радиационных распадах заряженных мезонов или при распаде нейтральных пионов. Камера охватывает телесный угол 6 стерад. Общий вид установки и её схема показаны на рис. 103 и 104. Запуск камеры производится импульсами от сцинтилляцион-

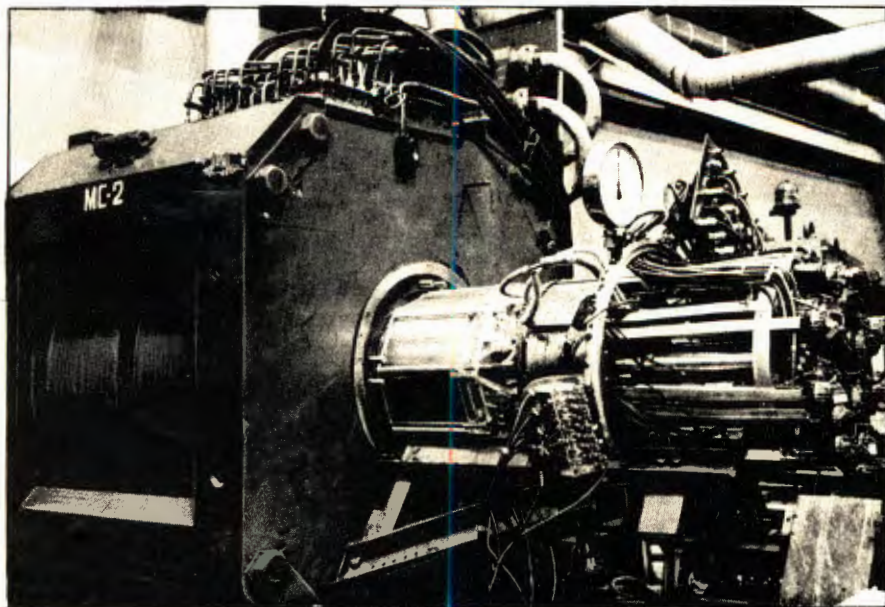


Рис. 103
Общий
вид установки
с цилиндри-
ческой искро-
вой камерой.

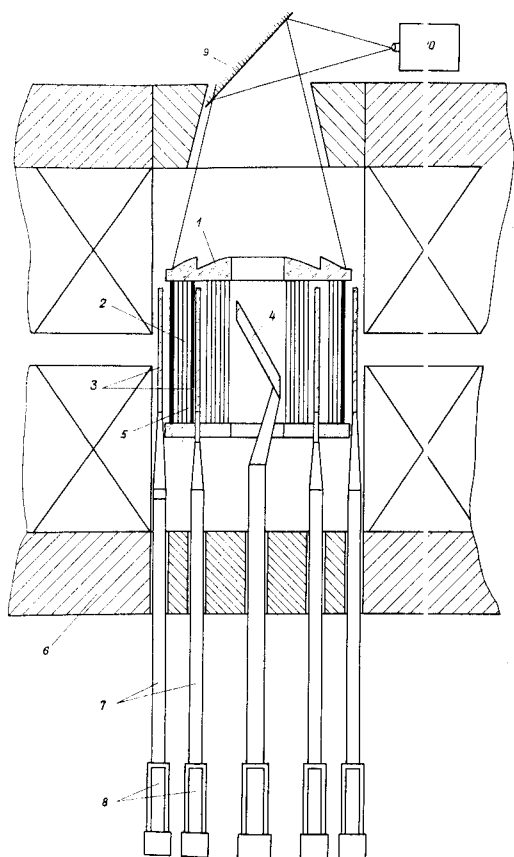


Рис. 104

Схема установки с цилиндрической искровой камерой для наблюдения редких мод распада мезонов. 1-линза, 2-зазоры искровой камеры, 3-сцинтилляторы, 4-мишень, 5-свинцовый конвертор, 6 -ядро магнита, 7-световоды, 8-фотоумножители, 9-зеркала, 10-регистрирующая кинокамера

ных счётчиков, расположенных внутри и снаружи камеры. Эти импульсы регистрируются также специально разработанным пятилучевым осциллографом с временным разрешением $2 \cdot 10^{-10}$ сек.

Разработано и изготовлено автоматическое устройство для отбора случаев в камере. Автомат "просматривает" около 20 000 снимков в час.

Эта сложная комплексная экспериментальная установка проходит испытание на пучке мезонов от синхроциклотрона.

Стримерные камеры. Значительный успех достигнут в развитии очень перспективной методики стримерных камер. Впервые удалось реализовать в гелии такой режим, при котором получаются яркие и тонкие следы, чего ранее не удавалось достигнуть даже на неоне. Удалось настолько повысить яркость и локализацию следов, что исключается необходимость применения электронно-оптического преобразователя. Это значительно упрощает конструкцию установки.

Произведен пробный запуск стримерной камеры высокого давления (5 атм), имеющей диаметр рабочей области 45 см. Эта камера будет использоваться для детальных исследований процесса упругого рассеяния пионов на гелии и выяснения возможности получения из этих опытов сведений о формфакторе пионов.

3. Поляризованная протонная мишень на основе кристалла лантан-магниевого нитрата, введенная в действие в 1965 году, испытана с более коротковолновым и более мощным в/ч генератором (длина волны $\lambda = 4$ мм вместо ранее применявшейся $\lambda = 8$ мм). В результате этого поляризация мишени доведена до 60%. В настоящее время поляризованная мишень лаборатории по своим параметрам не уступает образцам таких мишеней, имеющих в других ядерных центрах. Она используется в опытах по измерению фактора деполяризации в двойном pp -рассеянии при энергии протонов 600 Мэв для углов рассеяния больше 110° .

В истекшем году успешно проводилась работа в области дальнейшего усовершенствования предложенного в лаборатории метода получения сверхнизких температур путем растворения He^3 в He^4 . Имеется очень важное достижение: если в 1965 году рекордно низкой температурой, полученной в ЛЯП, являлась $0,055^\circ K$, то теперь достигнута температура еще в два раза более низкая, т.е. $0,025^\circ K$. Эта работа открывает перспективы как для исследований в области физики твердого тела при низких температурах, так и в области применения ее к изучению явлений с частицами высоких энергий. Особо следует подчеркнуть, что при таком методе достигается высокая холодопроизводительность при температуре $0,1^\circ K$. Работы в направлении получения все более низких температур продолжаются. Это важно потому, что при $T = 0,01^\circ K$ возникает возможность поляризовать уже не водород в соединениях с другими ядрами, но чистый водород.

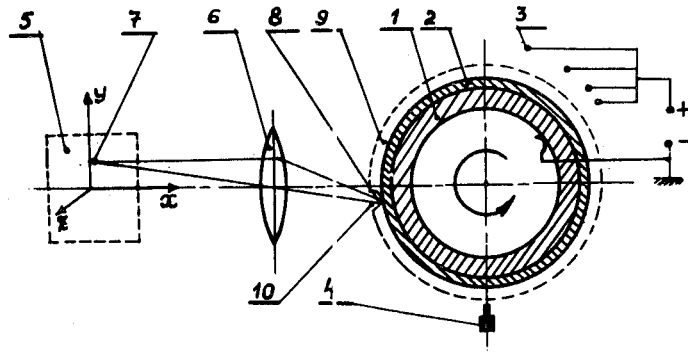
4. Для определения координат треков в искровой камере предложен новый метод. Он основан на регистрации проекции искры слоем из электрофотографического материала (селен, селен-теллур), нанесенным на барабан. Информация считывается специальным статическим датчиком и передается на счетно-решающее устройство (рис. 106).

Аппаратура для ядерно-спектроскопических исследований

1. М а с с - с е п а р а т о р. Продолжаются работы по созданию в отделе ядерной спектроскопии и радиохимии большого масс-сепаратора радиоактивных изотопов на базе магнита с диаметром полюсов около 1 метра. Завершено оборудование лаборатории, установлен магнит и ведется проектирование и изготовление узлов прибора.

2. Г а м м а - с п е к т р о м е т р с г е р м а н и е в ы м д е т е к т о р о м, имеющим разрешение 3,6 кэв, сконструирован и успешно используется в опытах. Эта техника теперь освоена, и улучшение разрешения лимитируется качеством используемого германия.





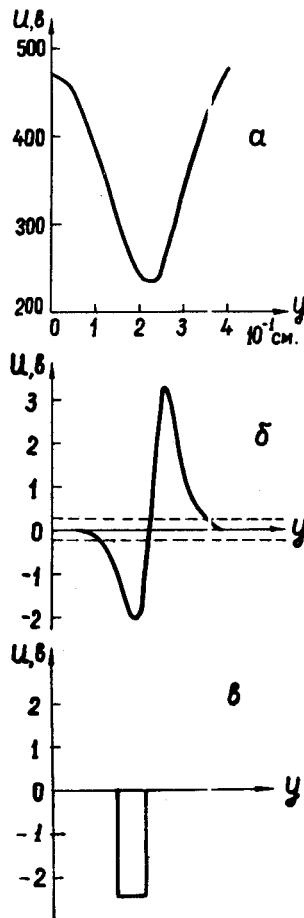
Принципиальная схема установки. 1-металлический цилиндр; 2-электрофотографический слой; 3- зарядное устройство; 4-измерительный зонд; 5-искровая камера; 6- оптическая линза; 7-искра в камере; 8-изображение искры на поверхности цилиндра; 9-поверхностный заряд; 10-потенциальная яма.

◀ Рис. 105

Установка для получения сверхнизких температур путем растворения гелия-3 в гелии-4. Стажер Ф.А.Тагирова готовит аппаратуру к эксперименту.

Рис. 106 ▶

Схема установки для определения координат треков частиц в искровой камере.



Основные параметры, характеризующие работу установки. а) - форма потенциальной ямы, регистрируемая динамическим датчиком; γ - линейный размер потенциальной ямы в плоскости изображения искры. б) - сигнал от статического датчика, соответствующий потенциальной яме. Пунктирными линиями указан уровень шумов. в) - импульс, вырабатываемый триггером.

Институтом в Дебрецене (ВНР) по договоренности с ОИЯИ разработан комплекс электронных схем (рис. 107) для работы с германиевыми детекторами, которые с успехом использовались в совместных исследованиях на синхротроне.

3. Разработан и изготовлен антикомptonовский спектрометр (рис. 108) с необходимой электронной аппаратурой. Прибор позволит детально исследовать гамма-спектры радиоактивных элементов.

Автоматизация

В 1966 году в Лаборатории ядерных проблем много сделано по автоматизации экспериментов и обработке результатов.

Главным направлением работ здесь было создание измерительного центра лаборатории. Основой этого центра является электронно-вычислительная машина „Минск-22” и связанные с нею группа многомерных анализаторов, действу-

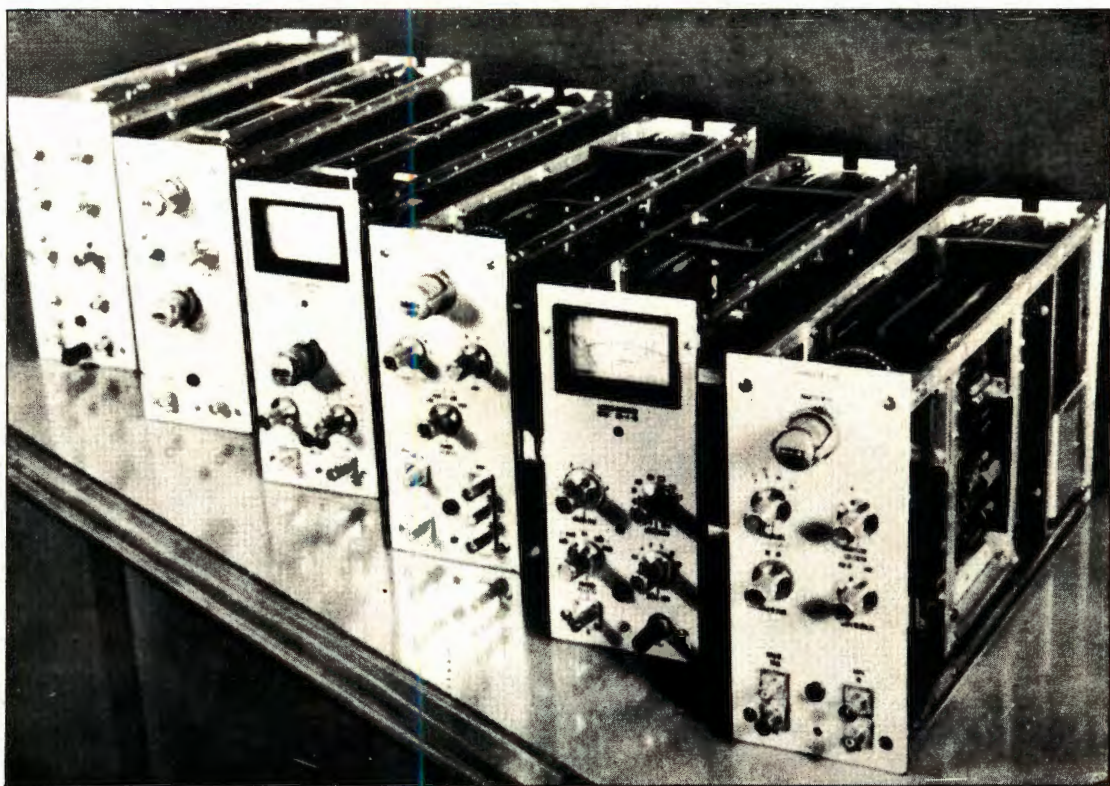


Рис. 107. Комплекс электронных блоков для работы с германиевыми детекторами, разработанными институтом в Дебрецене (ВНР).

ющих как в режиме анализа импульсов, так и в режиме накопления информации) и несколько групп полуавтоматических устройств, предназначенных для обработки filmовой информации, получаемой от различных экспериментальных установок, работающих на пучках синхротрона.

Среди работ по автоматизации и ядерной радиоэлектронике, выполненных в лаборатории в связи с созданием измерительного центра, наиболее важными являются следующие.

1. Разработка схем, создание необходимого комплекса электронной аппаратуры и ввод в эксплуатацию (совместно с ЛВТА) по системе с прямой и обратной связью с электронно-вычислительной машиной "Минск-22" группы полуавтоматов для обработки снимков с пузырьковых камер.

Весь комплекс указанных устройств передается для эксплуатации и технического обслуживания в ЛВТА.

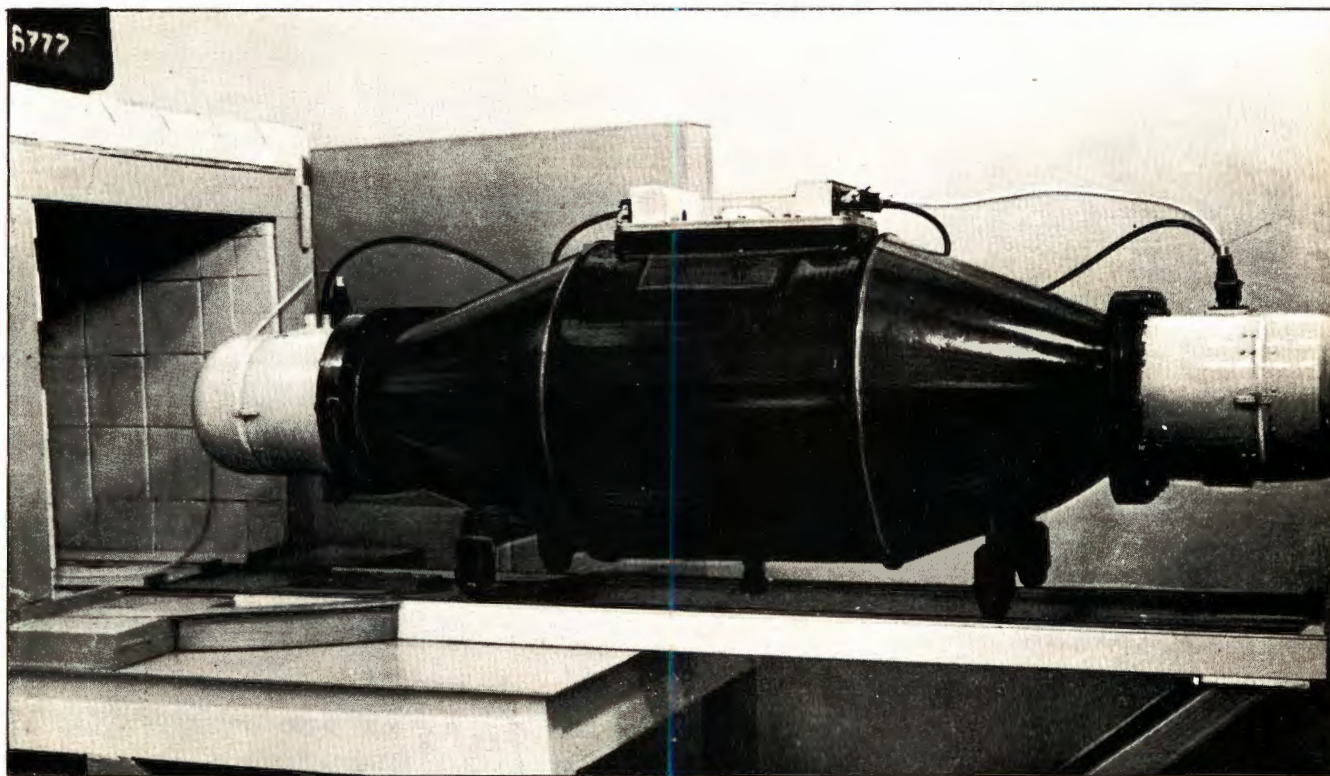


Рис. 108. Общий вид антикомптоновского спектрометра.

2. Многомерный анализатор введен в систематическую эксплуатацию для экспериментов, проводимых на синхроциклотроне. Это первый из анализаторов, входящих в комплект измерительного центра.
3. Закончена разработка и изготовление нескольких полуавтоматов для обработки снимков с искровых камер, прибор удобен в эксплуатации и позволяет в несколько раз ускорить обработку материала. Часть приборов будет передана в институты ЧССР для использования в совместных работах по нуклон-нуклонному рассеянию.
4. Устройство для вывода информации с проволочных искровых камер на накопительную систему анализатора создано в лаборатории и проходит наладку. Эта разработка ведется в связи с сооружением в лаборатории большого искрового спектрометра для использования на ускорителе 70 Гэв в Серпухове. Для обработки пленочной информации от пластинчатых искровых камер того же спектрометра разработана телевизионная часть автомата на электронно-лучевой трубке.
5. Разработана и выпущена серия стандартных блоков электронной аппаратуры (около 100 шт.) на транзисторах для физических экспериментов на синхроциклотроне, включающая схемы совпадений и антисовпадений, дискриминаторы, усилители, смесители, линейные "ворота," размножители импульсов и т.п.
6. Генератор пучка световых наносекундных импульсов. Создан генератор световых наносекундных импульсов, с помощью которого можно практически полностью моделировать условия работы сцинтилляционных и черенковских счётчиков, на пучках любых ускорителей. Генератор может вырабатывать пуги (моделирующие импульсы интенсивности ускорителя) с частотой 1-100 гц; длительность пуга может изменяться от 3 мксек до 3 мсек. Частота заполнения пуга (что соответствует интенсивности ускорителя) может изменяться от 10 до 150 Мггц (т.е. интенсивности $\sim 10^5 - 10^7$ частиц/сек). В генераторе предусмотрена возможность изменения количества света во вспышке, что позволяет моделировать различное энерговыделение в счётчиках.
7. Исследование гамма-спектров изотопов с массовым числом $175 < A < 195$ при помощи установки на линии с электронной вычислительной машины "Минск-22". В отделе ядерной спектроскопии сов-

местно с ЛНФ и ЛВТА осуществлен эксперимент по измерению гамма-спектров радиоактивных изотопов с непосредственным использованием вычислительной машины „Минск-22”. Такая постановка опыта позволяет получать и обрабатывать результаты в процессе измерений.

Схема эксперимента включает полупроводниковый германиевый детектор объемом 5 см³, стабилизированный спектрометрический тракт, линию передачи, кодировщик на 4096 каналов, буферное МОЗУ, ЭВМ „Минск-22” и осциллограф со световым карандашом, разработанный в ЛНФ.

Система позволяет:

а. Накапливать гамма-спектр исследуемого изотопа на МОЗУ (при этом ЭВМ „Минск-22” свободна).

б. Сбрасывать полученный спектр в МОЗУ „Минск-22”.

в. При помощи специальной программы для „Минск-22” и светового карандаша осуществлять вывод любого участка спектра на осциллограф, измерять площади под пиками с вычитанием фона, при этом программа предусматривает автоматическую интерполяцию фона по обе стороны пика по заданному числу каналов.

г. Вносить исправления в спектр для тех каналов, где произошел явный сбой при передаче или накоплении данных.

д. Результаты обработки могут выводиться на цифропечать и записываться на магнитную ленту для дальнейшей обработки.

РАБОТЫ В ОБЛАСТИ УСКОРИТЕЛЕЙ

Проблема создания релятивистского циклотрона (РЦ)

„мезонной фабрики” на 700 Мэв на базе синхроциклотрона

Лаборатории ядерных проблем.

1. В соответствии с решением XVII сессии Ученого совета ОИЯИ группа ученых лаборатории продолжала совместно с проектными институтами разрабатывать рабочие чертежи ускорителя РЦ. В истекшем году были практически завершены рабочие чертежи энергетического корпуса и чертежи некоторых крупногабаритных узлов самого ускорителя.

В 1966 году выполнен большой объем теоретических работ и расчетов по проблемам вывода пучка, пространственного заряда и др. Изучались на действующей модели ускорителя проблемы слежения за пучком ускоренных частиц. Разработано подробное задание на проектирование трактов вторичных пучков РЦ.

2. Создана электронная модель — аналог ускорителя РЦ, предназначенная для отработки проблем вывода пучка и изучения поведения пучка ускоренных частиц при больших плотностях объемного заряда. Эта комплексная установка (рис. 109), представляющая собой ускоритель с диаметром крайней орбиты более двух метров, оснащена соответствующими магнитной (каатушки возбуждения), вакуумной, высокочастотной и другими системами. Она имеет внешний сильноточный (до 300 ма) инжектор электронов, работы по созданию которого также завершены в 1966 году. Это очень тонкий и точный прибор с низким значением магнитного поля (порядка 15 эрстед). Вся модель изготовлена из немагнитных материалов. На ней можно исследовать различные системы "мезонных фабрик" и некоторых других сильноточных ускорителей, системы вывода пучка, решать проблемы объемного заряда, различные вопросы внешней инжекции и т.п.

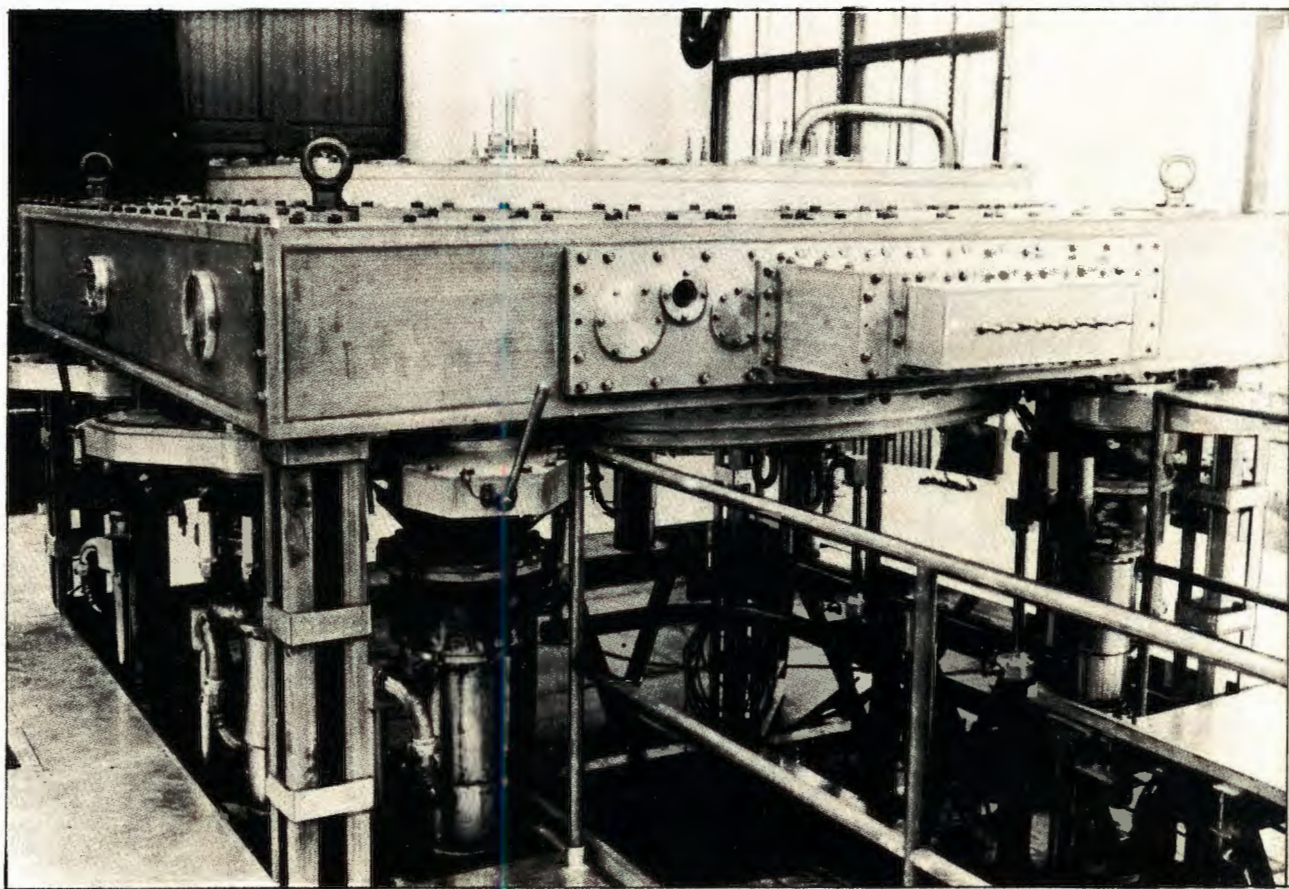
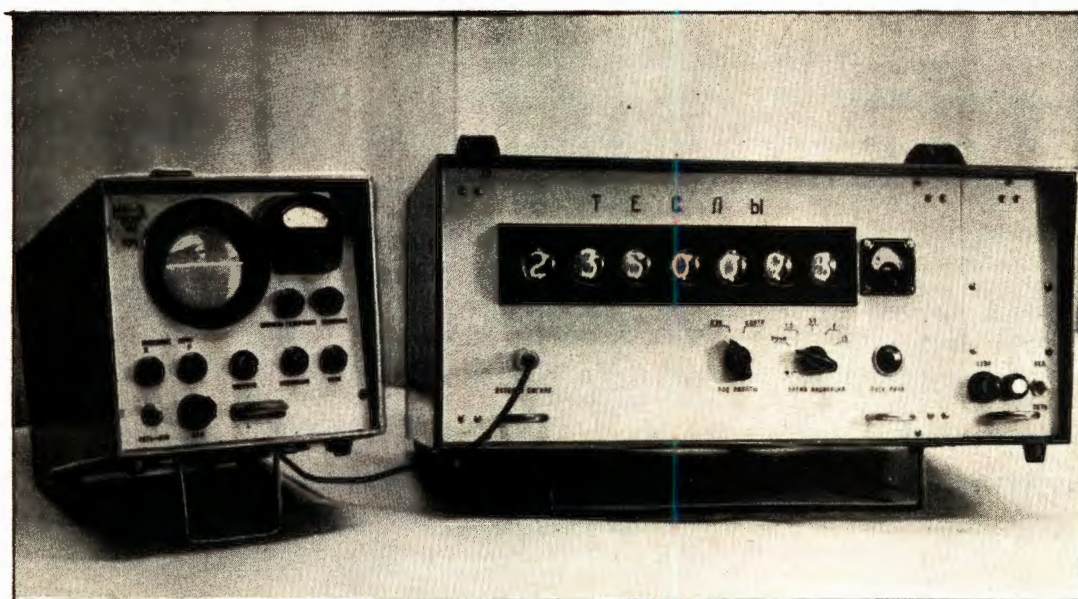


Рис. 109. Общий вид электронной модели — аналога ускорителя РЦ.

Рис.110. Специальная вычислительная машина, предназначенная для гармонического анализа магнитных полей циклических ускорителей.



Рис.111.Общий вид ядерного магнитометра. ▼



3. Создан ряд приборов для прецизионных измерений магнитных полей различной конфигурации. Введена в действие специализированная вычислительная машина, предназначенная для гармонического анализа азимутальных распределений магнитных полей циклических ускорителей (рис.110), разработан ядерный магнитометр для измерения полей до 24 кэ и автоматический электронно-счётный частотомер для ядерных магнитометров (рис. 111); разработаны и из-

готовлены магнитометры, позволяющие измерять абсолютную величину поля в диапазоне малых полей (5–200 эрстед) с точностью до 0,1%.

Эта аппаратура получила очень высокую оценку специалистов, в настоящее время запускается в производство в ЦЭМе ОИЯИ серия таких приборов для различных институтов по чертежам ЛЯП.

Повышение эффективности использования синхроциклотрона
и модернизация некоторых его узлов

В 1966 году синхроциклотрон работал с интенсивностью внутреннего пучка 2,2–2,3 мка и по току пс-прежнему удерживал мировое первенство среди подобных работающих ускорителей на энергию более 300 Мэв. Показатели работы синхроциклотрона приведены в таблице.

Показатели работы синхроциклотрона ЛЯП с 1 января
по 31 декабря 1966 года

Запланированное время работы	Часы	%
В том числе:		
1. Время работы на экспериментальные исследования по физике	5213	82
2. Время работы по повышению эффективности ускорителя	478	7,5
3. Затраты времени на подготовку к работе физической аппаратуры и на технологическую подготовку ускорителя	638	10
4. Эксплуатационные простои	44	0,5

В истекшем году были выполнены следующие работы по совершенствованию ускорителя и повышению эффективности его работы.

1. Осуществлен режим накопления пучка частиц в синхроциклотроне на крайних орбитах и заброс накопленного пучка на мишень посредством возбуждения радиальных колебаний переменным магнитным полем. Число накапливаемых частиц возрастает линейно в течение 15 циклов и достигает насыщения при 30 циклах. При этом интенсивность накопленного пучка в 12 раз превышает интенсивность одиночного импульса и составляет $2 \cdot 10^{12}$ прот/имп. Использование синхроциклотрона при работе его в режиме накопления пучка позволяет существенно повысить эффективность работы различных трековых камер.

2. Осуществлен перевод высокочастотного генератора на современные мощные лампы. Наряду с этим были разработаны, изготовлены и установлены новые проходные изоляторы фидера связи генератора с резонансной системой из нового материала (ситалла), обладающего лучшими высокочастотными и механическими характеристиками по сравнению с ранее использовавшимся стеатитом. Введен в действие новый, более мощный манипулятор для генератора. Эти мероприятия способствуют повышению надежности действия в.ч. системы ускорителя, улучшают ее эксплуатационные характеристики.
3. В связи с программой исследований по дальнейшему повышению тока внутреннего пучка синхротрона в лаборатории изготовлен и налаживается в.ч. генератор с мощностью, в четыре раза превышающей мощность существующего, и создается соответствующий ему манипулятор.
4. Тракт мю-мезонов проработал в 1966 году на физический эксперимент более 1000 часов. Для увеличения эффективности его использования, а также для постановки опытов, требующих очень малого фона, в текущем году разработан проект создания второго направления пучка мезонов от тракта и небольшой лаборатории за защитной двухметровой стеной (рис. 112). На тракте выполнены важные методические исследования, показавшие возможность передачи пучка мезонов с сохранением большого процента интенсивности (до 70%) в условиях, когда между отдельными группами фокусирующих линз имеются большие разрывы (3-5 метров). Такая передача осуществляется либо одним, либо двумя дублетами линз.
6. Рассчитан протонный тракт для проведения на нем онкологических исследований. Изготовление оборудования для канала (линзы, поворотные магниты, коллиматоры, специальные кресла и пр.) находится в стадии завершения. Построены и переоборудованы лабораторные помещения, предназначенные для лечения больных методами лучевой терапии. Схема тракта и лаборатории дана на рис. 113.

Разработка аппаратуры для исследований на ускорителе

70 Гэв в Серпухове

1. Многокубовая жидководородная камера. Одной из грандиозных экспериментальных установок, разрабатываемой в ОИЯИ и предназначенной для работ на пучках частиц с энергиями до 70 Гэв от протонного синхротрона в г. Серпухове, является многокубовая (60 м^3) жидководородная

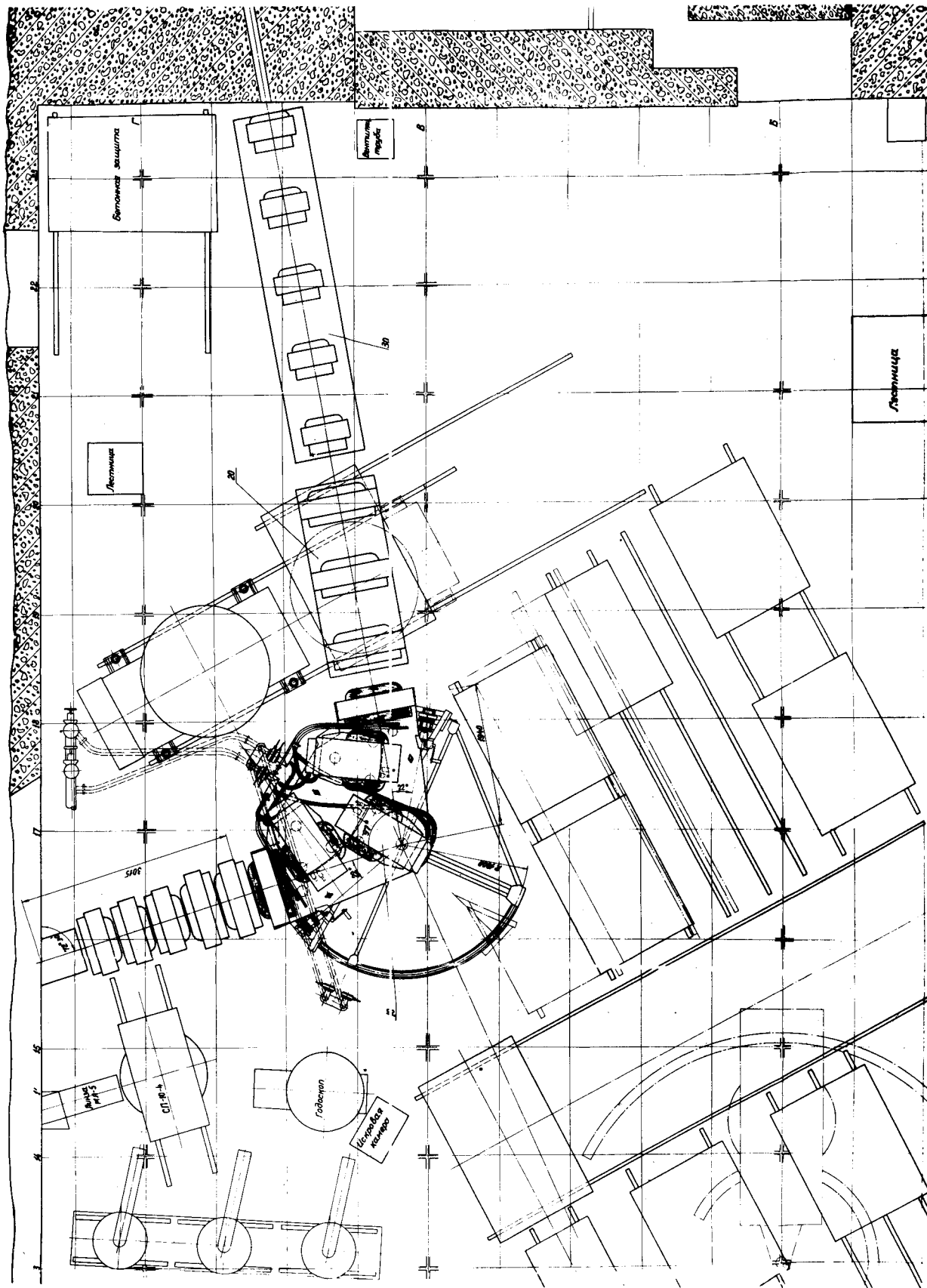


Рис. 112. Схема поворотного устройства мезонного тракта и низкофоновой лаборатории.

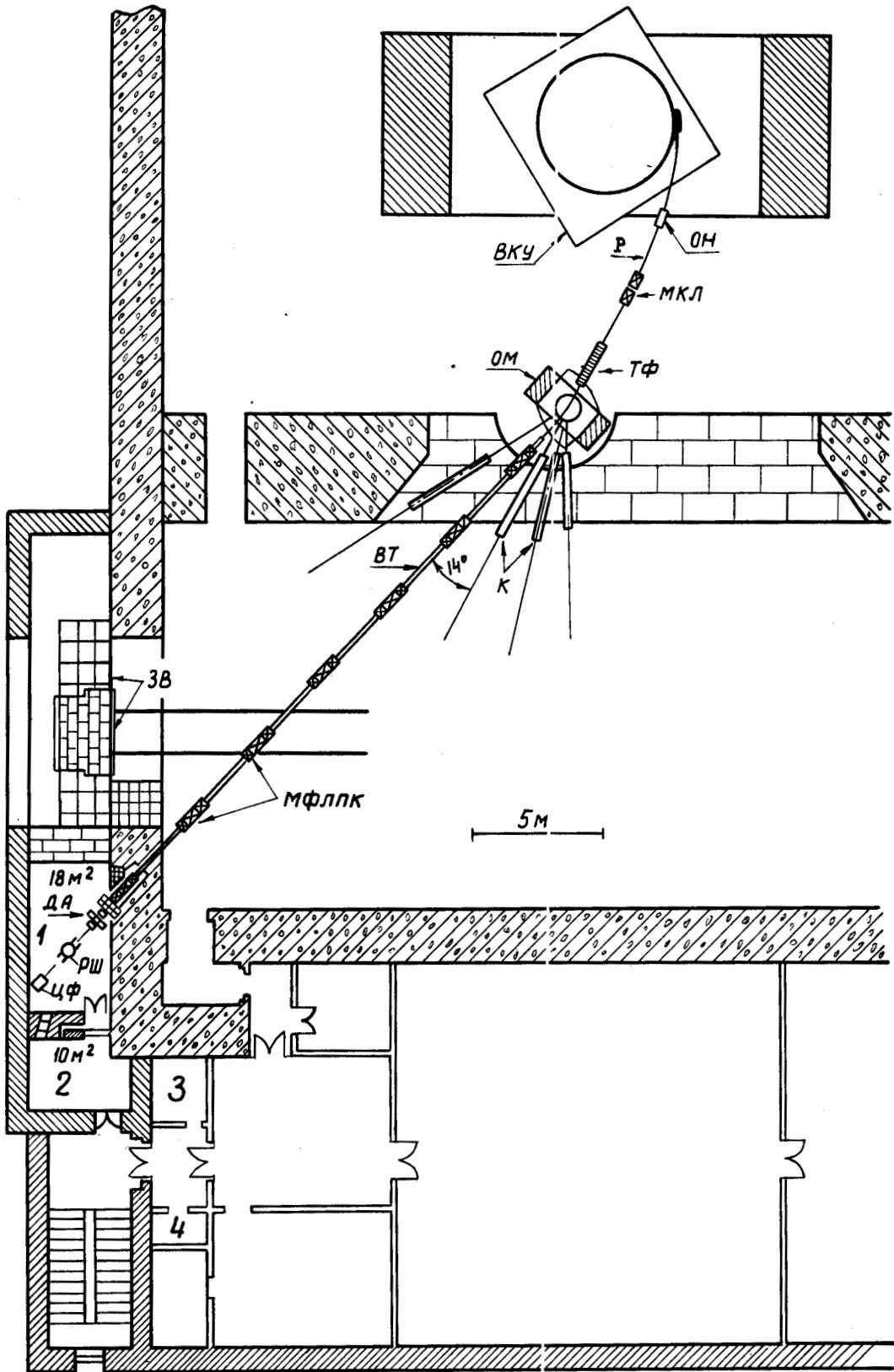


Рис. 113. Схема тракта для онкологических исследований.

пузырьковая камера в магнитном поле. В связи с этим в 1966 году было разработано и составлено физико-техническое обоснование проекта указанной камеры. В нем дано подробное обоснование необходимости сооружения такой установки для проведения большой программы фундаментальных исследований по физике частиц высоких энергий на 70 Гэв ускорителе. Рассмотрены варианты экспериментов с такой камерой на пучках нейтрино и пучках заряженных частиц (протоны, каоны и т.п.). Даны программы опытов в условиях заполнения камеры жидким водородом и жидким дейтерием. Рассмотрена возможность работы камеры в условиях повышенной эффективности детектирования гамма-излучения от распадов частиц и т.д.

Создание многокубовой жидководородной камеры (общий вид ее представлен на рис. 114) является очень сложной, трудной и ответственной научно-технической задачей. В ней сочетается большое количество взаимнопротиворечивых требований и условий: большие размеры установки (диаметр 8 метров, высота 12 метров) с высокими точностями изготовления важнейших ее узлов; сверхнизкие температуры с высокоинтенсивными магнитными полями; огромные объемы жидкого водорода в камере и большие электрические мощности, запасенные в обмотках магнита; необходимость получать на фотопленке истинную картину ядерных событий с огромной точностью и фотографировать их при этом в объеме жидкого водорода в десятки кубометров в состоянии, близком к вскипанию, и т.д. и т.п.

Физико-техническое обоснование содержит конструктивные решения этих проблем. Последовательно описаны различные системы камеры: расширения, управления, освещения, фотографирования и т.п. На рис. 115, 116, 117 приведены фотографии, иллюстрирующие вид или схемы некоторых систем и узлов многокубовой камеры.

Большой раздел посвящен проблеме получения магнитного поля высокой напряженности (≈ 40 кэ) в объеме камеры. Решение найдено на основе использования обмоток из сверхпроводника. Сложные и энергоемкие криогенные системы многокубовой камеры рассчитаны и эскизно разработаны в Лаборатории высоких энергий. Там же выполнены предварительные расчеты по сверхпроводящим соленоидам для камеры.

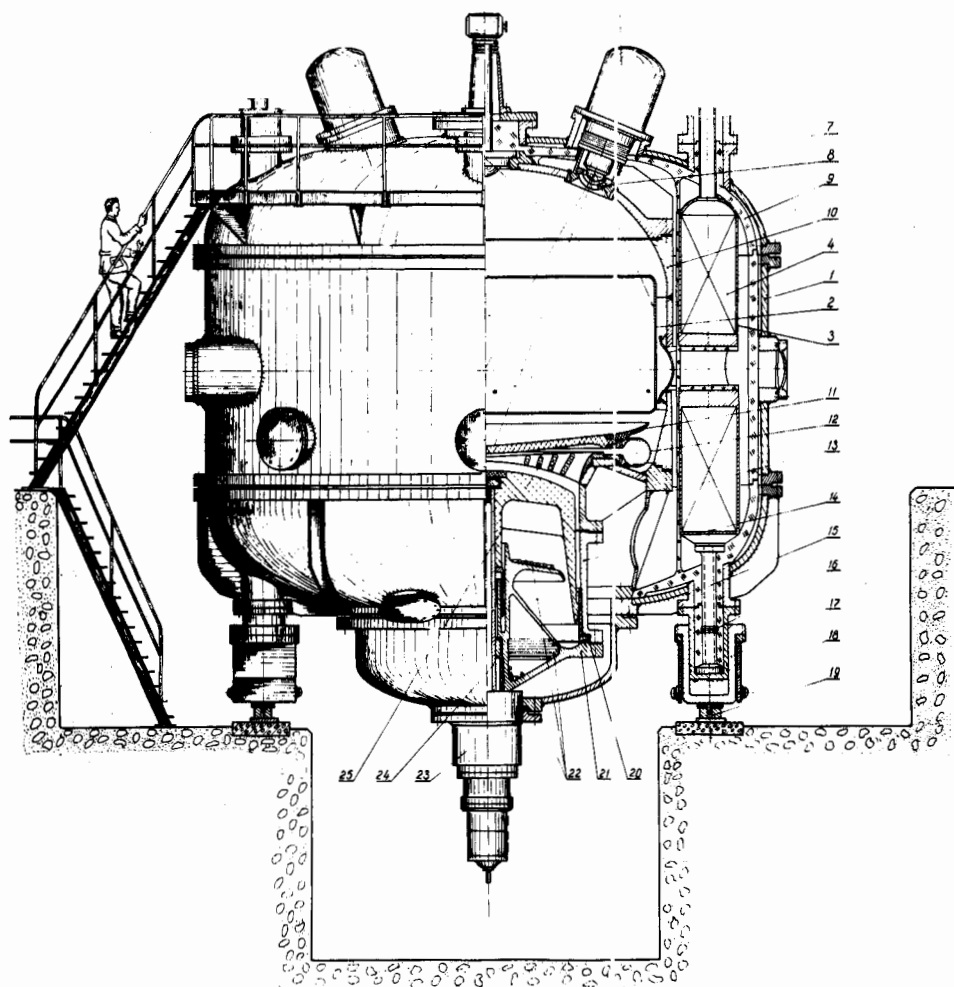


Рис. 114. Вариант пятиметровой жидководородной пузырьковой камеры с нижним расположением поршневого расширительного устройства и разгруженным подвижным дном.

1-внешний кожух; 2-термостатирующий экран; 3-гелиевый криостат соленоида; 4-катушка со сверхпроводящей обмоткой соленоида; 5-перископ; 6-защитный кожух фотоаппарата; 7-теплообменник; 8-иллюминатор для фотографирования и освещения рабочего объема камеры; 9-теплоизоляция; 10-корпус камеры; 11-подвижное дно; 12-омега-сильфон; 13-поршень расширительной системы; 14-цилиндр расширительной системы; 15-опора магнита-соленоида; 16-теплообменник; 17-гидравлический домкрат; 18-каретка для передвижения камеры; 19-рельсовый путь; 20-гильза цилиндра расширительной системы; 21-фланец-лабиринт расширительной системы; 22-теплообменник; 23-гидропривод расширительного устройства; 24-шток расширительного устройства; 25-теплообменник.

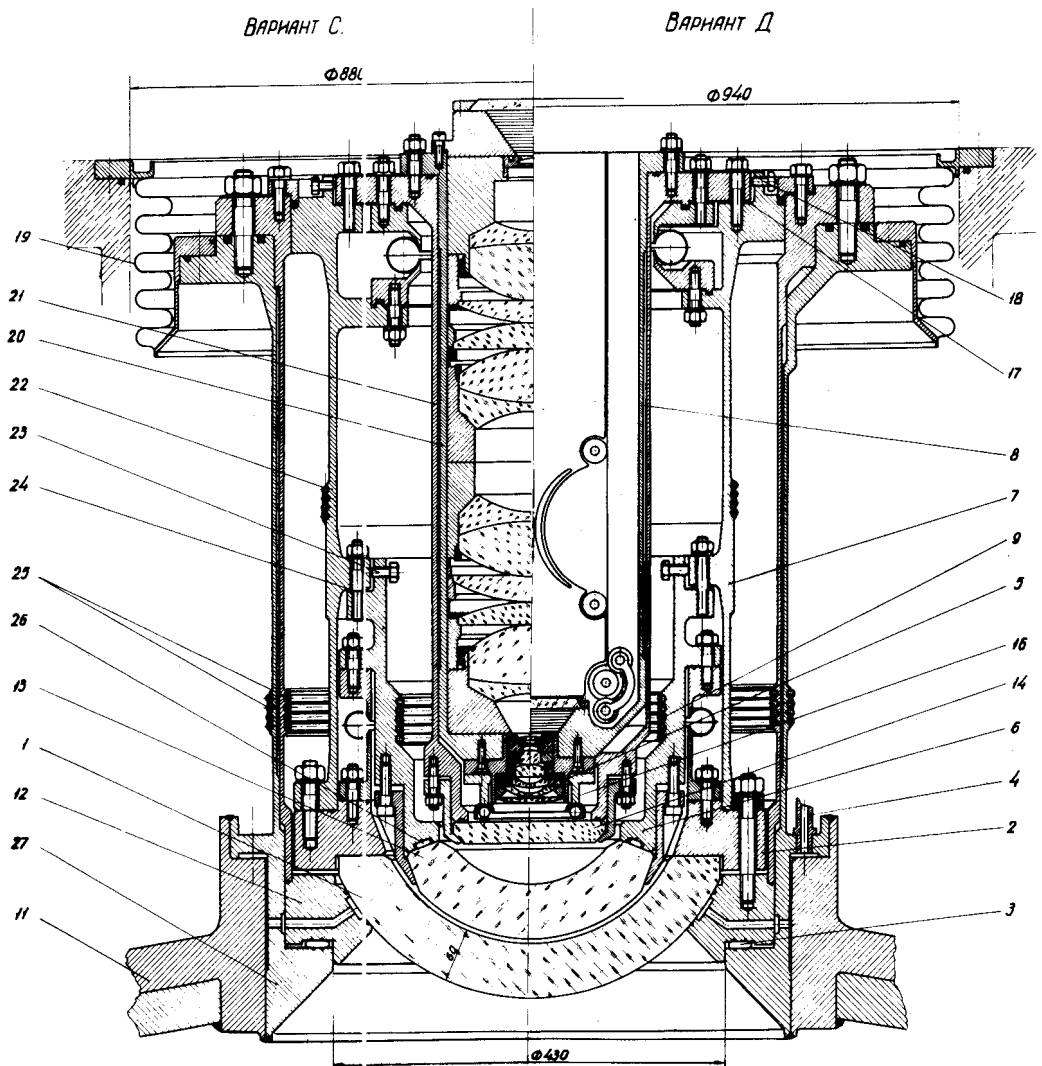
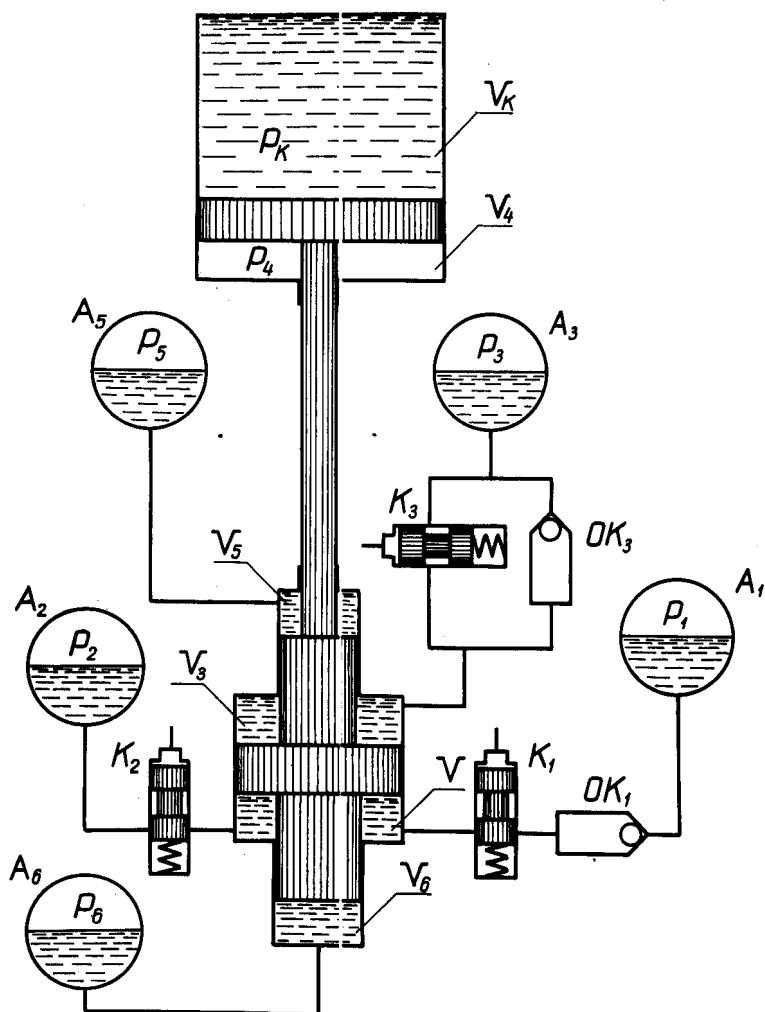


Рис.115. Варианты иллюминагорной камеры и фотографической системы.
 1-сферическое стекло, 2-опорный фланец; 3 и 26-элемент надувного уплотнения; 4-патрубок откачки; 5-объектив фотоаппарата; 6-опорная термостатируемая гильза; 7-опорный термостатированный стакан; 8-тубус объектива фотоаппарата и лентопотяжного механизма; 9,22 и 25-термостатирующий змеевик; 10 и 15 - юстировочный торoidalный сильфон; 11-горловина корпуса камеры; 12-прижимной фланец; 13-стекло-теплофильтр; 14-разделительная стеклянная пластина; 16-импульсная лампа; 17 и 24-юстировочная прокладка; 18 и 23-юстировочный винт; 19-компенсационный сильфон; 20-элемент оправы линз; 21-направляющий цилиндр; 27-наружный кожух.

Рис. 116. Схема гидропривода камеры.



В Лаборатории ядерных проблем в 1966 году были также завершены разработки чертежей модели большой камеры. Она представляет собой 50-сантиметровую жидководородную камеру в магнитном поле соленоида из сверхпроводника. Общий вид этой камеры приведен на рис. 118.

2. Большой магнитный спектрометр. Это вторая крупная установка, разрабатываемая для проведения исследований на ускорителе 70 ГэВ в Серпухове. В 1966 году выполнены эскизные разработки всех его основных узлов. Спектрометр состоит из 5-метрового электромагнита с окном $1,5 \times 0,6 \times 1,2$ метра, системы искровых камер, помещенных в зазор, системы фотографирования и других узлов. Общая схема спектрометра приведена на рис. 119. В 1966 году разработаны нитяные искровые камеры, предназначенные для определения импульса частиц, попадающих в искровой спектрометр.

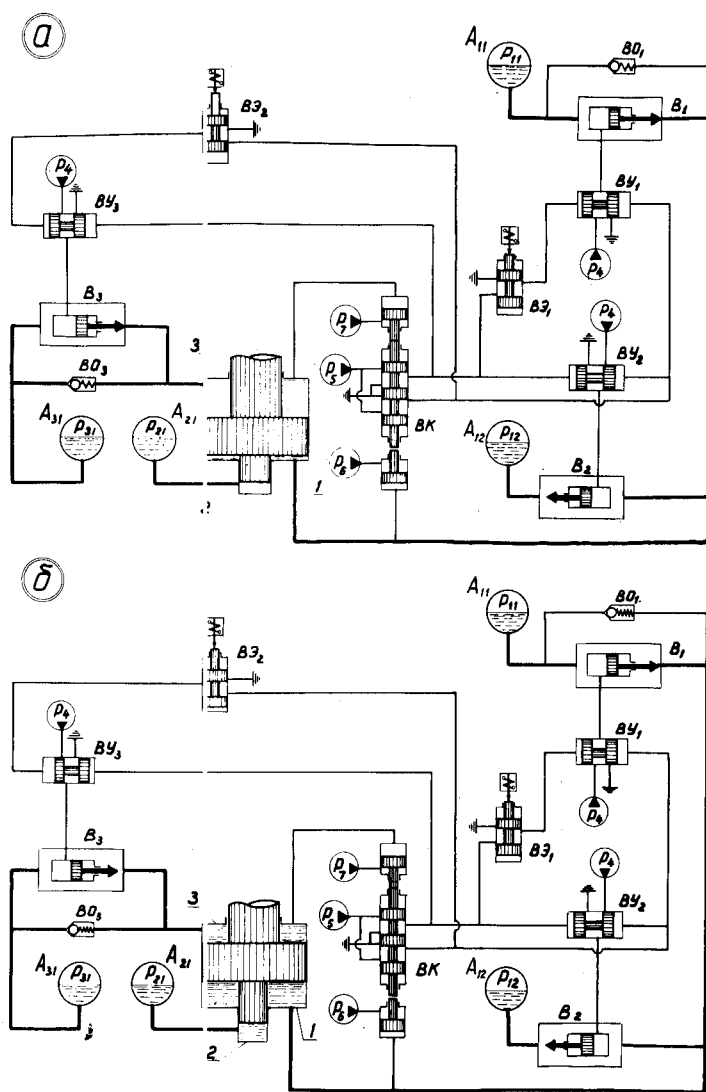


Рис.117. Схема управления гидроприводом камеры.

Разработана система газоразрядных счётчиков, позволяющая выбирать случаи образования нескольких частиц в мишени спектрометра. Проанализированы различные варианты оптической системы фотографирования искрового спектрометра и схемы управления спектрометром. Разработана конструктивная схема электромагнита и выдано задание на проектирование этого магнита.

Создаваемый магнитный искровой спектрометр является универсальной установкой, с помощью которой возможна регистрация различных процессов рассеяния и образования странных частиц и резонансов в соударениях π -мезонов, К-мезонов, нуклонов и антинуклонов с протонами и дейтронами при всех энер-

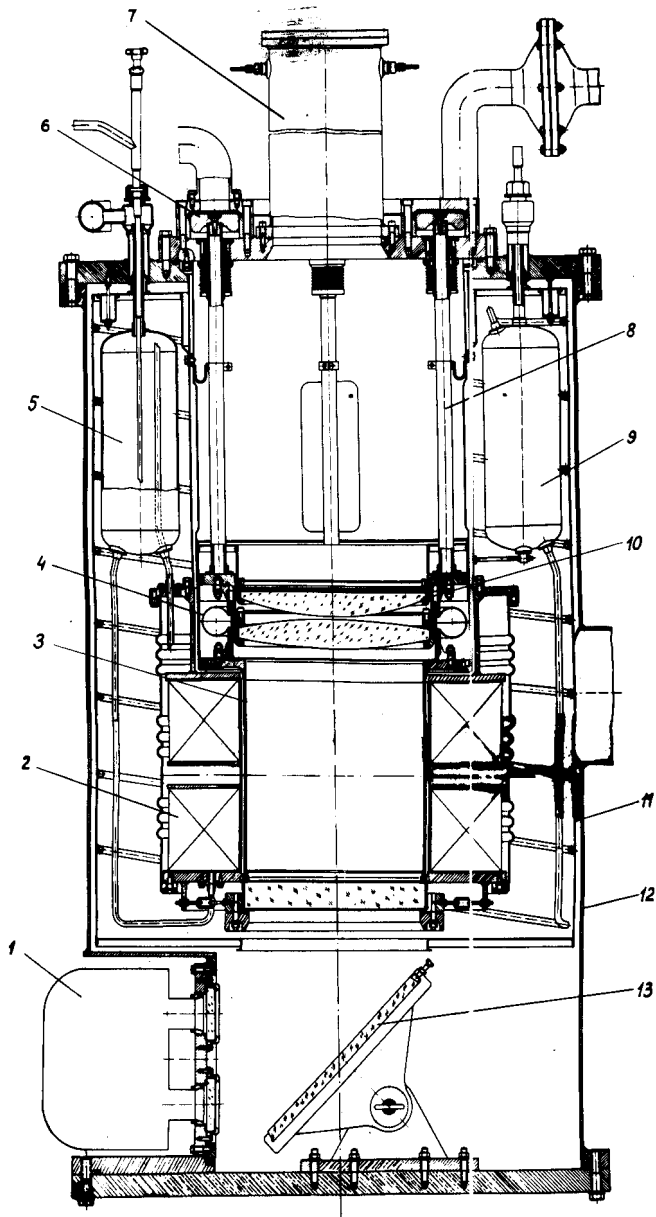


Рис. 118. Схема 50-сантиметровой жидководородной пузырьковой камеры в соленоиде из сверхпроводника.

1-стереофотоаппарат; 2-соленоид из сверхпроводника; 3- камера; 4-тороидальный сильфон; 5-бачок для жидкого гелия; 6-кольцевой поршень привода расширительной системы; 7-осветитель; 8-шток; 9-бачок для жидкого азота; 10-конденсаторная линза; 11-радиационный экран, находящийся при температуре жидкого азота; 12-вакуумный кожух; 13-зеркало.

гиях, доступных на ускорителе ИФВЭ. Большим достоинством магнитного искрового спектрометра является возможность работы на несепарированных пучках частиц высоких энергий.

Спектрометр предполагается использовать для исследований неупругих соударений положительных пионов с протонами при энергиях пионов в несколько десятков Гэв.

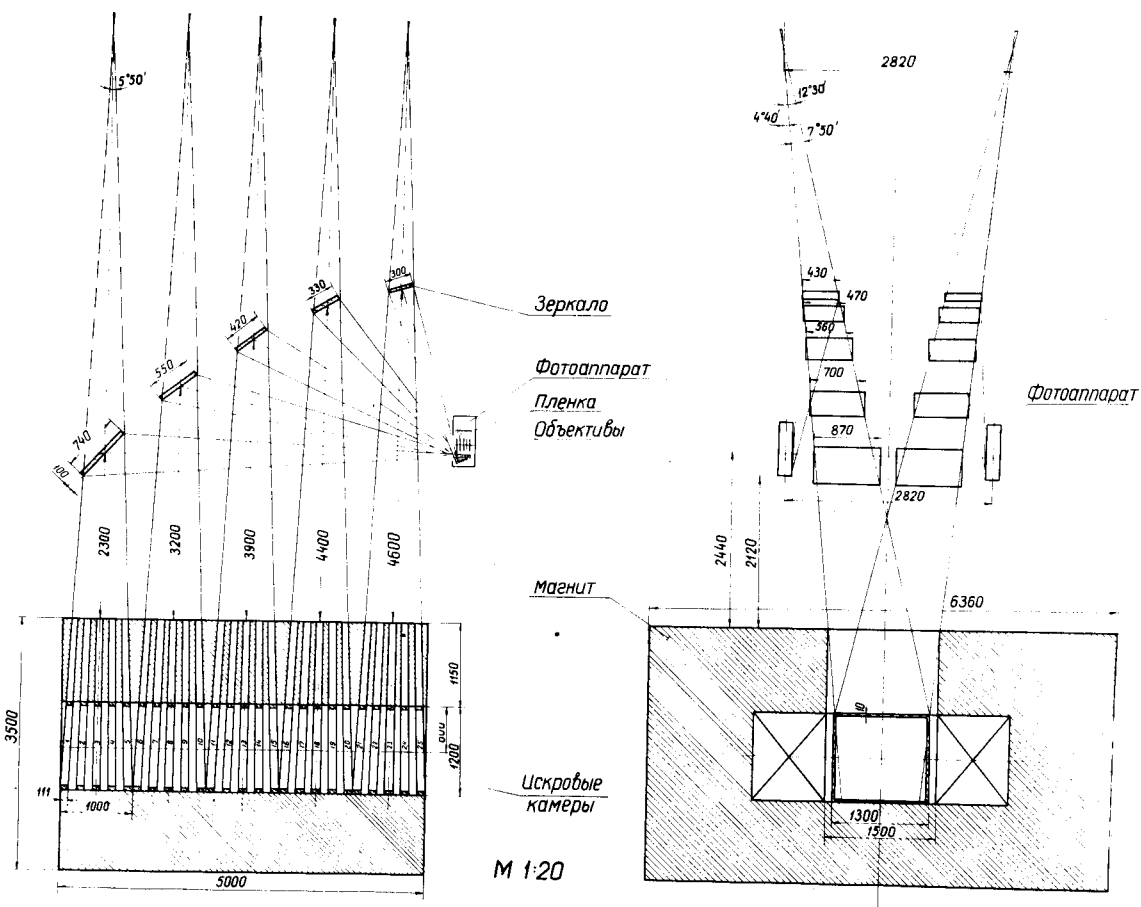


Рис. 119. Схема расположения модулей искровых камер магнитного спектрометра и оптическая система фотографирования.

Лаборатория
ядерных
реакций

Работа и усовершенствование ускорителей тяжелых ионов

В лаборатории два ускорителя тяжелых ионов: циклотрон с диаметром полюсных наконечников 310 см (У-300) и циклотрон с диаметром полюсов 150 см (У-150).

310-сантиметровый циклотрон - самый мощный в мире ускоритель тяжелых ионов. Это видно из сравнения параметров лучшего зарубежного ускорителя тяжелых ионов - линейного ускорителя NILAC, построенного в США, - с параметрами ускорителя У-300.

Элемент, ионы кото- рого уско- ряются	Циклотрон МЗИ, Дубна			NILAC Беркли, США		
	Энергия, Мэв	Ток, мка	Число частиц в сек (10^{12})	Энергия, Мэв	Ток, мка	Число частиц в сек (10^{12})
C ¹²	110	100	200	126	2,7	3
N ¹⁴	130	100	200	147	0,7	0,7
O ¹⁶	130	100	200	168	2,3	2,4
Ne ²⁰	170	100	200	210	0,7	0,8
Si ²⁸	200	10	12	-	-	-
Ar ⁴⁰	300	5	4	420	0,03	0,015

На циклотронах У-150 и У-130 работа велась на внутренних и выведенных пучках ионов. На ускорителе У-300 время работы на физические исследования составило 4530 часов. На ускорителе У-150 это время составило 3414 часов (1 января - 1 декабря 1966 года).

Ускоритель У-300 успешно использовался при изучении ядерных реакций, вызываемых тяжелыми ионами вплоть до ионов аргона. Продолжалось его усовершенствование с целью ускорения ионов криптона, ксенона.

В 1966 году завершено строительство кабин для физической аппаратуры, установленной на выведенных пучках ускорителя У-300. Проведены работы по ускорению ионов криптона.

На циклотроне У-150 были получены ускоренные ионы дейтерия. С октября 1966 года ведется реконструкция циклотрона У-150 в циклотрон У-200. Проведены расчёты и измерения магнитных полей в области 20-24 кэ. Начаты работы по формированию магнитного поля ускорителя У-200.

Разработка электронной аппаратуры

В области разработок радиоэлектронной аппаратуры в лаборатории основное внимание уделялось вопросам автоматизации физических экспериментов. 1. В феврале 1966 года введен в эксплуатацию лабораторный измерительный центр на базе серийного комплекса многоканальных анализаторов "Тензор-III". Анализаторы могут работать как автономно, так и в комплексе с максимальным числом каналов 16384 в любом режиме многомерного анализа. Помимо имеющихся в комплектации входных и выходных

Рис. 120. Измерительный центр ЛЯР.



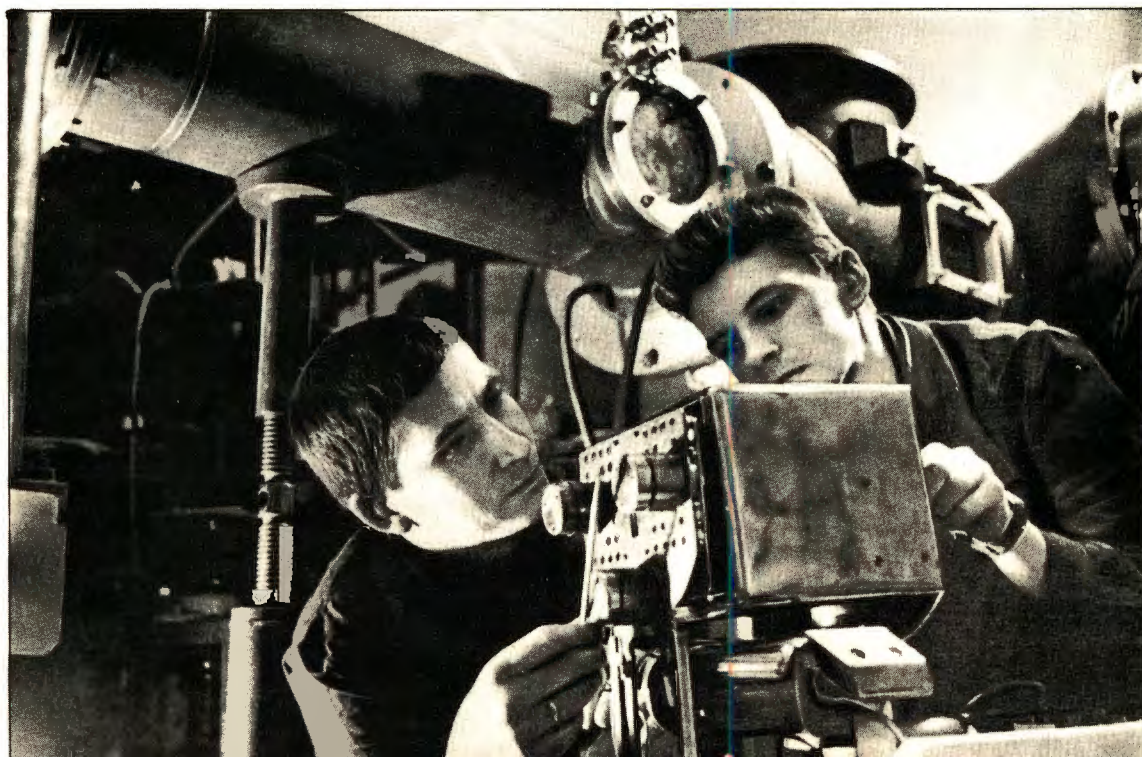
устройств (амплитудные кодировщики на 256 и 512 каналов, блоки временного преобразования, цифроречательные устройства), группой радиоэлектроники разработана следующая аппаратура:

а) амплитудный кодировщик на 1024 каналов и на 4096 каналов с системой стабилизации для спектрометрических измерений на полупроводниковых детекторах;

б) система вывода экспериментальных данных на двухкоординатный самописец с точностью 0,5 %;

в) система вывода линейных гистограмм спектров на большой телевизионный кинескоп. Для передачи экспериментальной информации с измерительного центра ЛЯР и ЭВМ "Минск-2" ЛВТА проложена кабельная трасса.

Рис. 121. Электромагнитный сепаратор изотопов для идентификации радиоактивных ядер, образующихся в реакциях под действием тяжелых ионов, создан в Лаборатории ядерных реакций. На нем производится разделение радиоактивных изотопов с периодом полураспада не менее 10 мин. На снимке: ст. инженер Х.Тыррофф и мл. научный сотрудник О.Логинов за юстировкой элементов ионного источника сепаратора.



2. Продолжалось усовершенствование эксплуатационных характеристик многопараметровых анализаторов редких событий для трансурановой методики: введена система стабилизации в тракты амплитудных измерений, увеличено число временных каналов до 32 и введен реверсивный режим с узким дифференциальным окном по энергии.
3. Закончена разработка различных унифицированных блоков транзисторной спектрометрической аппаратуры для работы с различными датчиками ядерных излучений, таких, как предусилитель для ионизационных и про-

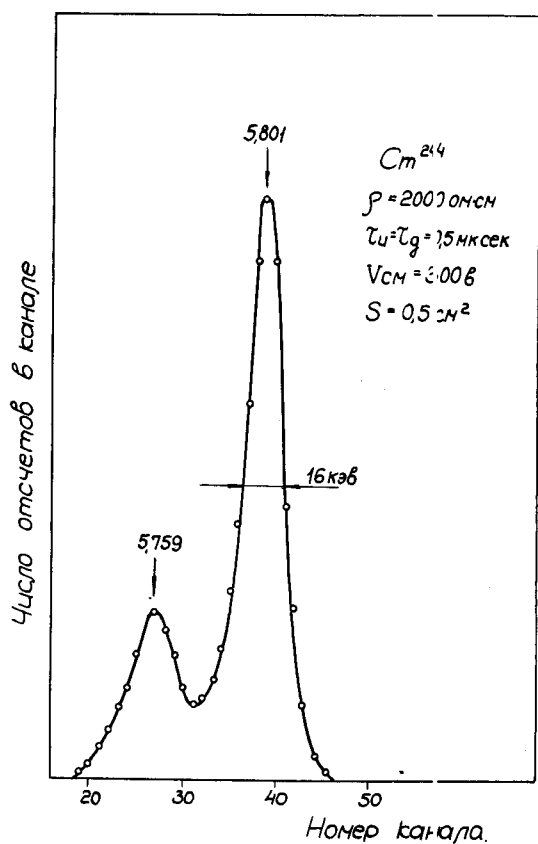


Рис. 122.

Спектр α -частиц St^{244} , полученный с помощью Au-Si детектора с охраным кольцом.

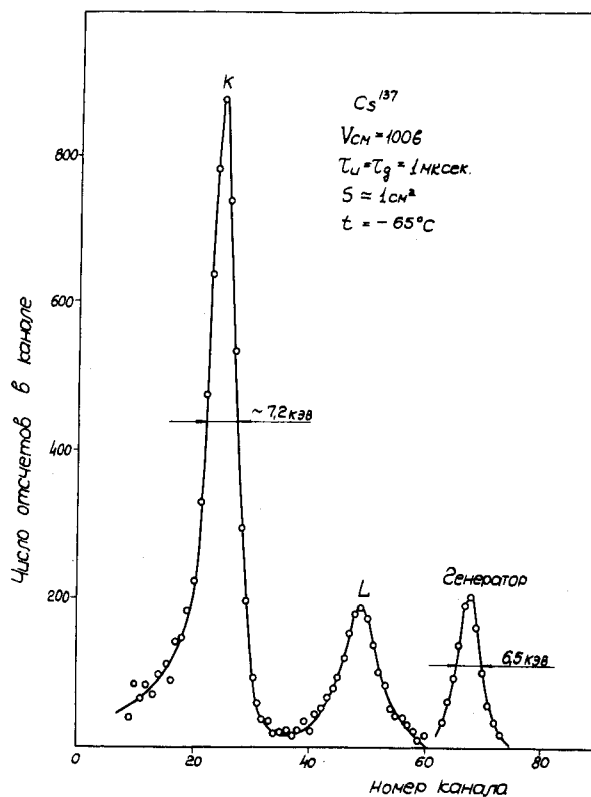


Рис. 123.

Спектр конверсионных электронов Cs^{137} , полученный с помощью Si(Li) детектора.

порциональных камер, зарядовый предусилитель для полупроводниковых детекторов, линейный усилитель с формирующими RC-цепями и т.п.

4. Дальнейшее совершенствование технологии изготовления поверхностно-барьерных детекторов позволило заметно улучшить энергетическое разрешение и повысить выход. В настоящее время параметры изготавливаемых в ЛЯР поверхностно-барьерных детекторов примерно таковы:

Площадь, см ²	Энергетическое разрешение для α -частиц Cm^{244} , кэВ	Глубина чувствительного слоя, микроны
0,5-0,8	20-25	
1,0	25-35	до 400
2,0	35-45	

Выполнена работа по изучению влияния охранных колец на спектрометрические свойства детекторов. На таких детекторах удается получить глубину чувствительного слоя до 600 мк и наилучшее разрешение для α -частиц Cm^{244} - 16 кэВ (при комнатной температуре, рис. 122) и для конверсионных электронов Cs^{137} - 8 кэВ (при охлаждении до температуры -50°C , рис. 123).

Начато освоение технологии изготовления кремниевых детекторов с дрейфом лития. В настоящее время лучшие результаты составляют:

7 кэВ для конверсионных электронов Cs^{137} ,

5 кэВ для γ -квантов (≈ 60 кэВ).

В 1988 году изготовлено около 200 поверхностно-барьерных и около 30 $p-i-n$ - детекторов, что обеспечило потребности физических групп лаборатории. Часть детекторов передана в различные лаборатории стран-участниц (Румыния, Венгрия) и в другие лаборатории ОИЯИ.

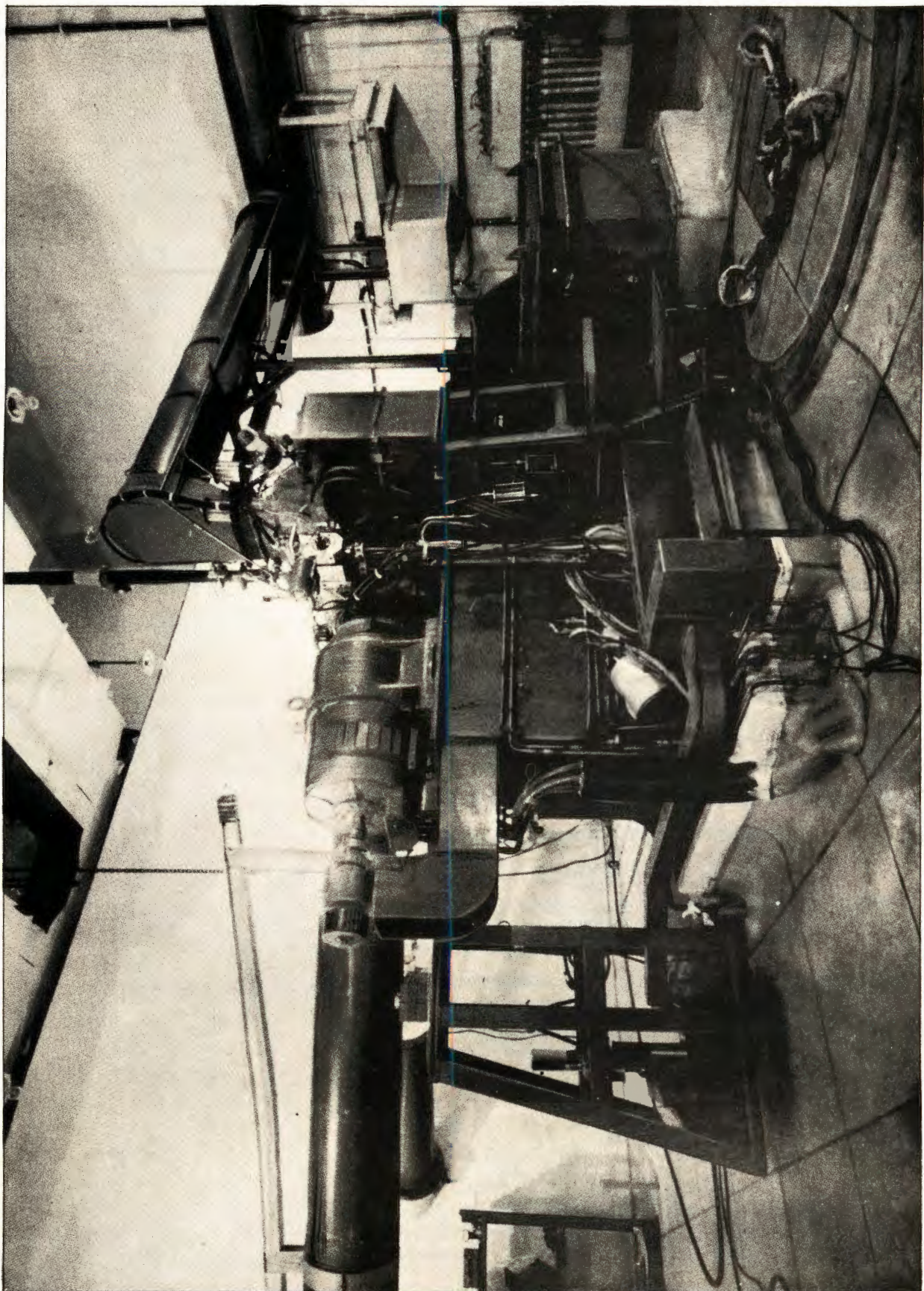


Рис. 124. Внешний вид импульсного реактора на быстрых нейтронах (ИБР).

Лаборатория
нейтронной
физики

Работа основных установок ЛНФ.

1. Р е а к т о р. В 1966 году общее время работы реактора на физический эксперимент составило 4296 часов. В период июль-сентябрь проводился плановый ремонт реактора и в октябре - дополнительный. Была выполнена профилактика механической системы реактора с заменой вышедших из строя узлов, а также монтаж системы дистанционного переключения частоты импульсов мощности. С октября средняя мощность реактора снижена с 13 до 3 квт в связи с ухудшением состояния оболочки рабочего вкладыша.
2. М и к р о т р о н. Время совместной работы реактора и микротрона (в качестве инжектора) на физический эксперимент в 1966 году удвоилось по сравнению с 1965 годом и составило 927 часов за полгода. Во второй половине года осуществлялось переоборудование микротрона, включающее установку нового клистронного модулятора и перевод вакуумной системы на откачку титановыми насосами. Ток выведенного пучка электронов, ускоренных в микротроне до 30 Мэв, до реконструкции обычно был около 70 ма в импульсе. Длительность электронного импульса микротрона составляла не более 1,8 мксек при частоте повторения 50 раз в секунду. Средняя мощность реактора, работающего вместе с микротроном, находилась при этом в районе 1,2 квт.
3. У с к о р и т е л ь Э Г - 5. Среднее время работы ускорителя на физический эксперимент составляло 180 часов в месяц. Ускорялись протоны, дейтроны и гелий-3 при энергии до 4,1 Мэв. Ионный ток на мишень составлял 15-18 мка для протонов и 3-5 мка для ионов He^8 . В период август-сентябрь проводился планово-предупредительный ремонт оборудования.

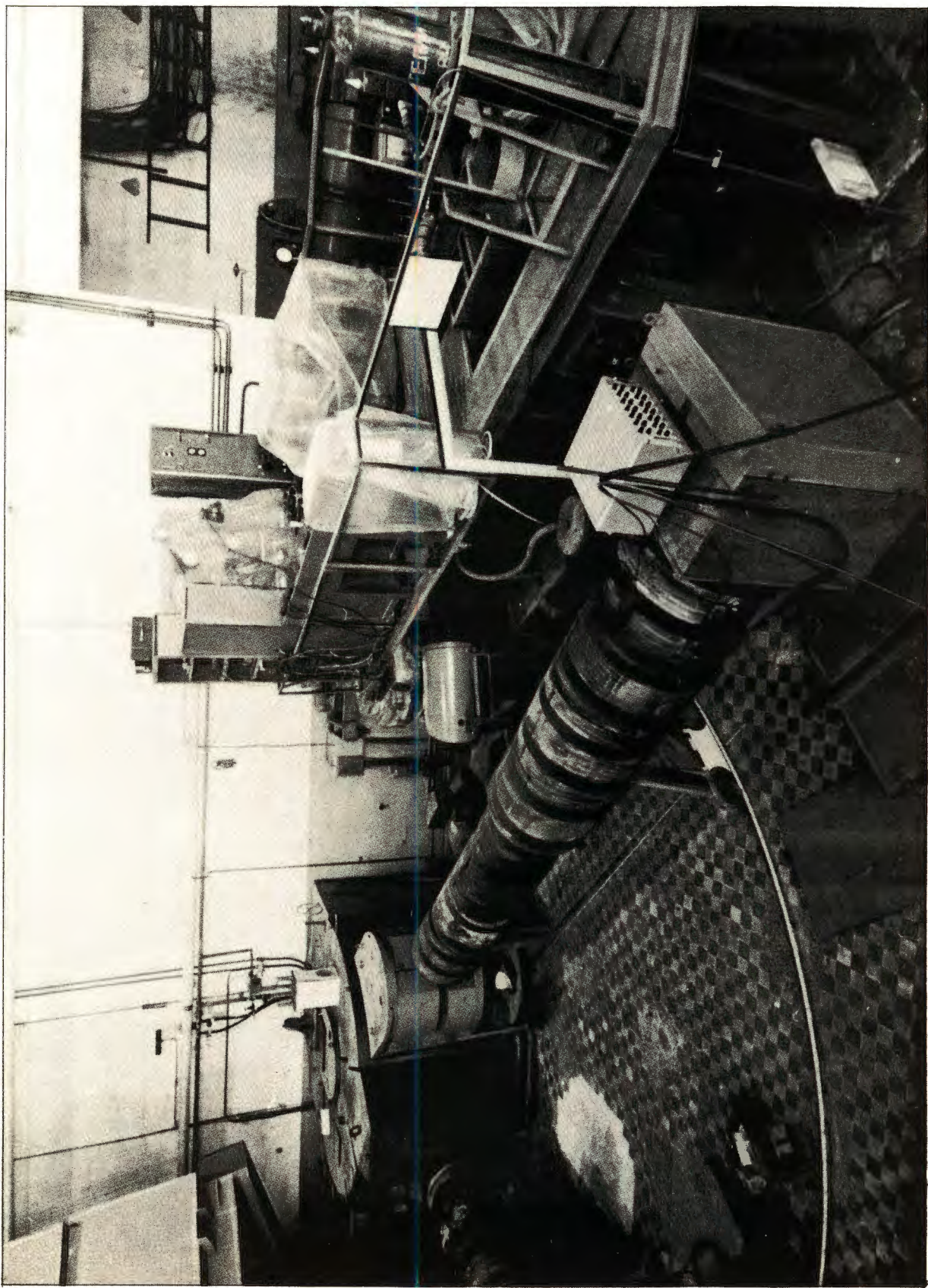


Рис. 125. Часть измерительного зала реактора (ИБР).

Измерительный центр ЛНФ

Измерительный центр лаборатории обеспечивал все физические эксперименты. Потери времени эксперимента по вине регистрирующих устройств ИЦ составили менее 7%. В измерительном центре продолжалось совершенствование существующего и ввод нового оборудования. Приобретен и введен в действие измерительный комплекс АИ-16000 (4 анализатора по 4096 каналов), показанный на фотографии (рис. 126).

Аппаратура измерительного центра (рис. 127) рассчитана на одновременное проведение до 8 независимых измерений временных, амплитудных и многомерных спектров. Основой центра являются запоминающие устройства, в качестве которых применены ферритовые запоминающие устройства (МЗУ) и магнитная лента. Блоки памяти собирают и сортируют экспериментальную информацию от детекторов излучения, расположенных вдоль нейтроноводов ИБР или в экспериментальном зале ЭГ-5. Непосредственно у детекторов располагается электронное оборудование для предварительного отбора нужных событий. Электрические импульсы, передаваемые по кабелю в центральный измерительный зал, с помощью входного коммутатора могут направляться в любой из блоков преобразования аналоговой величины в код. В случае амплитудного анализа коммутация производится непосредственным соединением кабеля, минуя коммутатор. Параллельные коды от блоков преобразования через устройства промежуточной памяти (УПП) поступают на адресный регистр МЗУ или на магнитную ленту. Одномерные и многомерные измерения с числом каналов до 4096 проводятся обычно с МЗУ, представляющими собой запоминающие устройства многоканальных анализаторов. Суммарное число каналов всех таких устройств "памяти" превышает 20 000.

Кроме МЗУ, измерительных устройств типа АИ-2048 и АИ-16000, имеются автономные МЗУ. В случае многомерного анализа с большим числом каналов используется 20-дорожечная магнитная лента (МАГ), на которую коды поступают через устройство промежуточной памяти, состоящее из двух блоков по 32 слоя в каждом. Обработка информации с ленты производится через устройство отбора с помощью одного или нескольких МЗУ. Число каналов подобных регистраторов практически не ограничено. В настоящее время ведется амплитудно-временной анализ с числом каналов 2^{19} . Каждое МЗУ снабжено осциллографическим индикатором, а устройства записи на ленту имеют дополнительное ферритовое контрольное запоминающее устройство на 512 каналов с электронно-лучевой трубкой для визуального наблюдения спектров.

Выход информации из МЗУ производится через выходной коммутатор на общие устройства цифрочести (ЦП), перфорирования и непосредственного вывода экспериментальных данных в машину „Минск-2“, расположенную в вычислительном центре Института и оснащенную осциллографом со световым карандашом (ОСК). Возможности светового карандаша показаны на рис. 128.

В настоящее время разработана и проходит опытную эксплуатацию система двухсторонней связи измерительного центра ЛНФ с вычислительным центром ОИЯИ. Получение и запись результата обработки информации, передаваемого из вычислительного центра, производится в МОЗУ машины „Минск-2“. МОЗУ, осна-

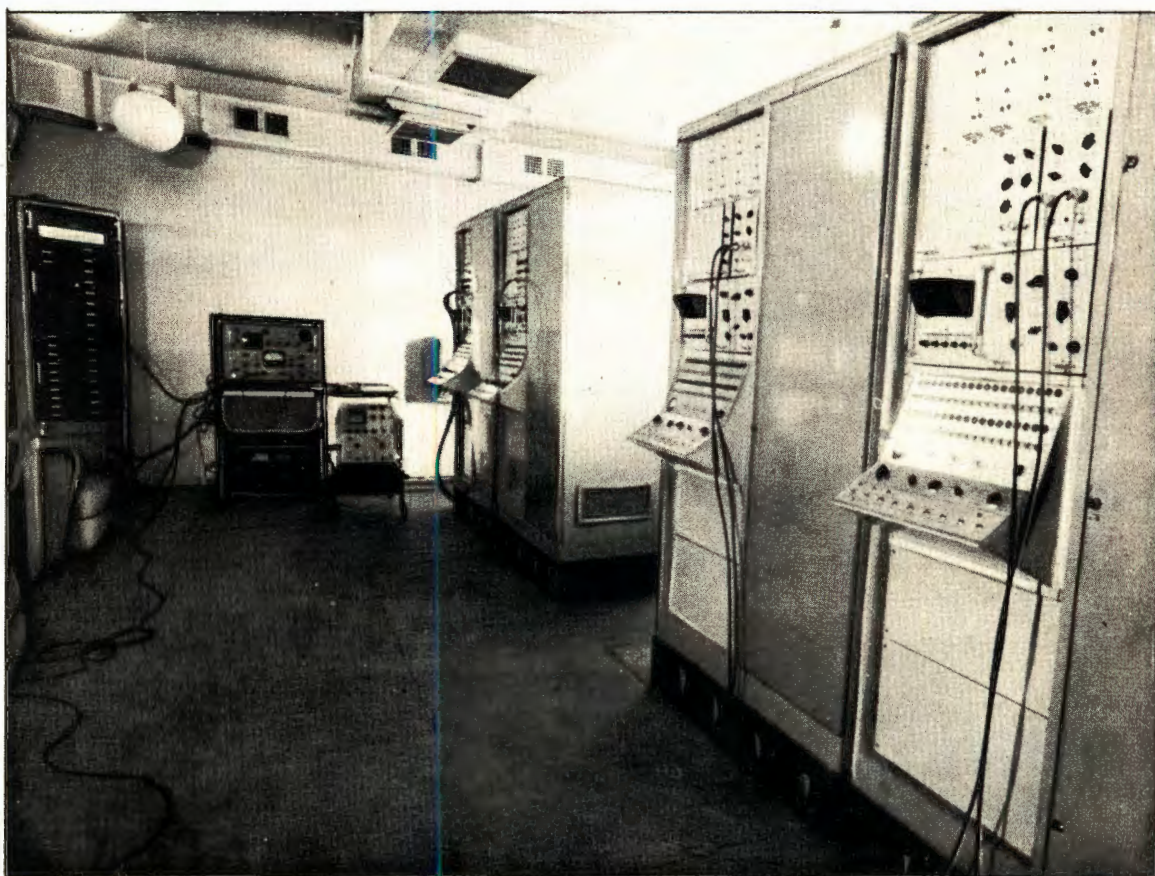


Рис. 128. Внешний вид измерительного комплекса АИ-16000.

ОТ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПАВИЛЬОНОВ ИБРА

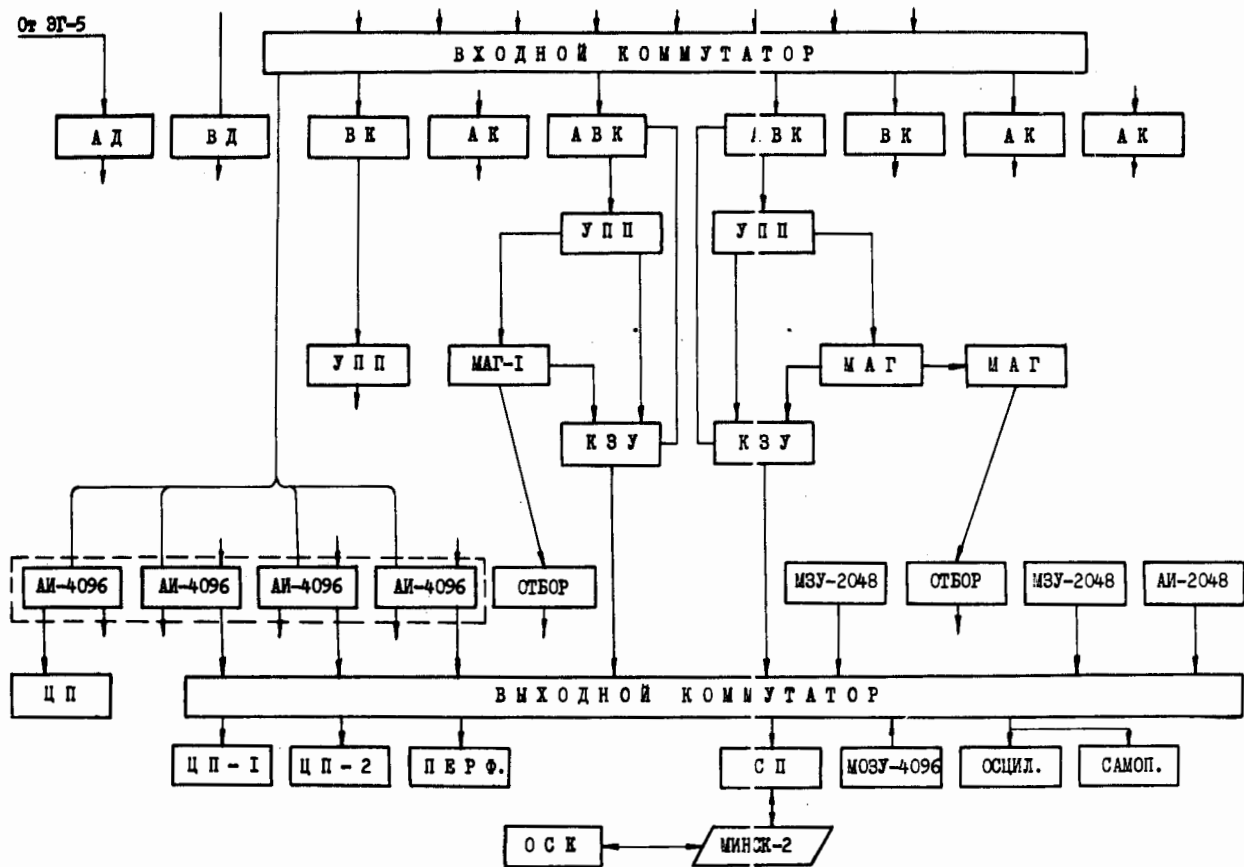


Рис. 127. Блок-схема измерительного центра Лаборатории нейтронной физики. АД-амплитудно-датчиковый кодировщик; ВД-время-датчиковый кодировщик; ВК-временной кодировщик; АК- амплитудный кодировщик; АВК - амплитудно-временной кодировщик; УПП - устройство промежуточной памяти; МАГ - регистратор на магнитной ленте; КЗУ - контрольно-запоминающее устройство; АИ-№ - анализатор на № каналов; МЗУ - магнитное запоминающее устройство; ЦП - цифрочасть; СП - устройство передачи данных в вычислительный центр; ОСК - осциллограф со световым карандашом.

шенное осциллографическим устройством и самописцем ЭПП-09 для построения гистограммы на бумаге, может быть использовано в качестве буферного устройства при выводе данных из анализаторов и для сортировки информации с магнитной ленты.

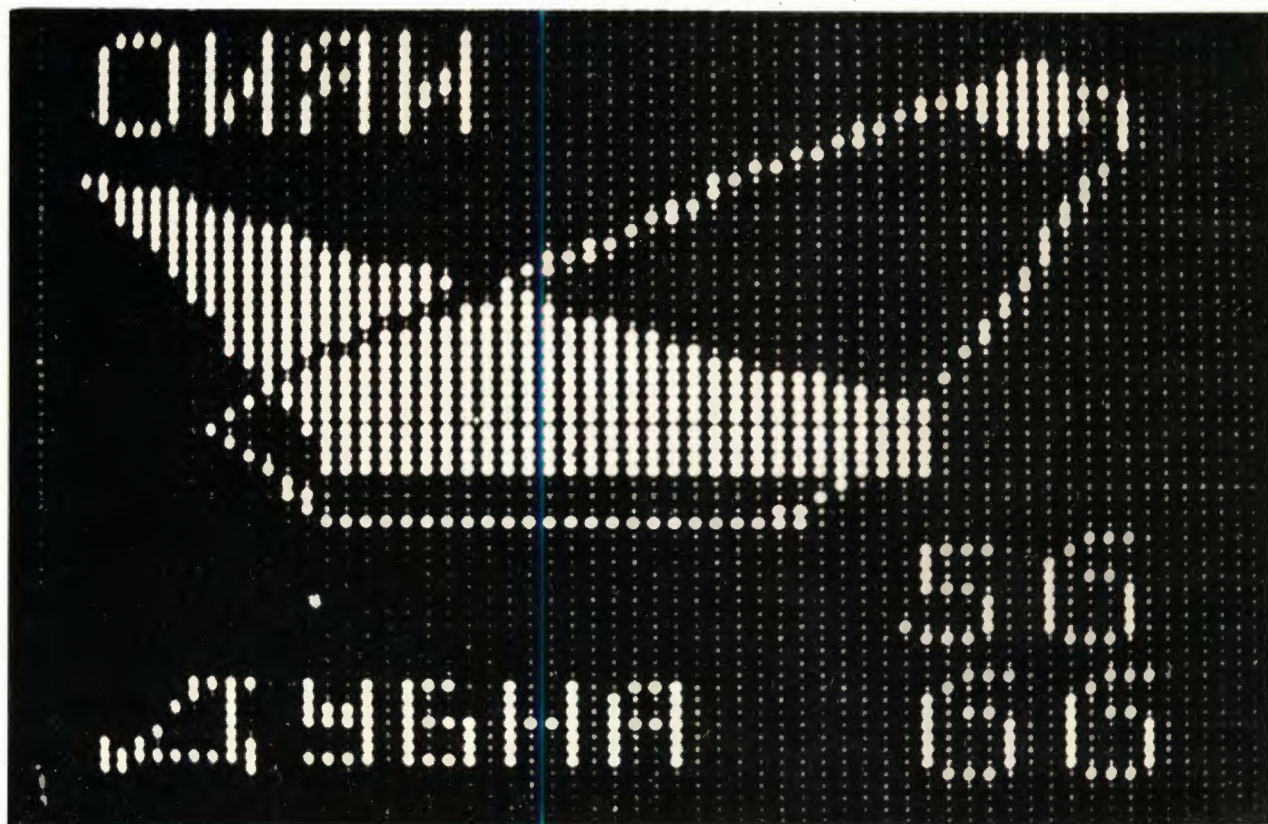


Рис. 128. Рисунок, выполненный световым карандашом на экране осциллографа.

- IV СЕССИИ УЧЕНОГО СОВЕТА И КОМИТЕТА
ПОЛНОМОЧНЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ
- v ПРЕМИИ ОИЯИ ЗА 1965 ГОД
- VI МЕЖДУНАРОДНЫЕ СВЯЗИ
И НАУЧНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО
- VII ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ОТДЕЛ
- VIII НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА
- IX ИЗОБРЕТАТЕЛЬСТВО И РАЦИОНАЛИЗАЦИЯ
- X АДМИНИСТРАТИВНО-ХОЗЯЙСТВЕННАЯ
ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Сессии Ученого совета
и Комитета
полномочных
представителей

XIX сессия Ученого совета ОИЯИ состоялась 4-7 января 1966 года. Совет обсудил отчёты о деятельности Института в 1965 году и планы научных исследований на 1966 год. Большое внимание было уделено сотрудничеству ОИЯИ с другими научными центрами. Были утверждены планы сотрудничества Института с научно-исследовательскими организациями стран-участниц, а также план проведения научных совещаний, организуемых Институтом в 1966 году. Дирекции ОИЯИ было поручено разработать план сотрудничества и Институтом физики высоких энергий в городе Серпухове.

Сессия утвердила Положение об ученых советах по физике высоких и низких энергий и Положение о порядке присуждения ежегодных премий ОИЯИ за лучшие научные, научно-методические и научно-технические работы.

Комитет полномочных представителей на совещании 10-12 января 1966 года одобрил и утвердил принятые XIX сессией Ученого совета решения, которые определили научно-исследовательскую деятельность ОИЯИ на 1966 год. Комитет утвердил финансовый отчёт за 1965 год и бюджет на 1966 год.

Комитет полномочных представителей избрал вице-директором ОИЯИ на очередной срок профессора А.Хрынкевича (ПНР).

На торжественном заседании XX сессии Ученого совета в июне 1966 года, посвященном десятилетнему юбилею Института, были отмечены большие успехи и ряд научных открытий, благодаря которым ОИЯИ за десять лет существования развился в крупный международный научный центр. Свидетельством нового большого успеха Института был доклад о результатах изучения химических свойств 104-го элемента и подтверждении

открытия 104-го элемента с помощью химических методов. Ученый совет оценил синтез 104-го элемента и изучение его химических и физических свойств как выдающееся достижение мирового значения в области ядерной физики и химии. Ученый совет поддержал предложение профессора Г.Н.Флерова, сделанное от имени коллектива авторов, назвать 104-й элемент „курчатовием“ в память выдающихся заслуг академика И.В.Курчатова в развитии мировой ядерной физики.

На сессии Ученого совета большое внимание уделялось обсуждению вопросов, связанных с дальнейшим развитием базы вычислительной техники и автоматизации в Институте. Было принято решение о создании Лаборатории вычислительной техники и автоматизации.

Ученый совет также обсудил предложения дирекции Института по пятилетнему плану 1966-1970 годов и принял соответствующие рекомендации Комитету полномочных представителей.

Совет одобрил соглашение о сотрудничестве с ИФВЭ (Серпухов) и предложения о сотрудничестве с институтами в Ереване и Харькове, а также предложения по сотрудничеству ЛЯП ОИЯИ с Академией медицинских наук СССР в исследованиях по вопросам онкологии.

На внеочередном совещании Комитета полномочных представителей в июне 1966 года, созванном в связи с 10 годовщиной Объединенного института ядерных исследований, директор Института академик Н.Н.Боголюбов отметил в своем докладе правильность идей объединения средств и усилий социалистических стран для развития исследований в области ядерной физики. За 10 лет ОИЯИ превратился в крупнейший научный центр социалистических стран.

Комитет полномочных представителей одобрил решения XX сессии Ученого совета, в том числе пятилетний план развития ОИЯИ на период 1966-1970 годов.

Премии

Объединенного института

ядерных исследований

за 1965 год

На соискание премий Объединенного института ядерных исследований за 1965 год было представлено 10 лучших теоретических, экспериментальных и научно-методических работ, выполненных сотрудниками Института.

Решением Ученого совета от 4 июня 1966 г. были присуждены премии за следующие работы:

Первая премия ОИЯИ была присуждена за цикл работ "Теория реакций на поляризованной мишени и полный опыт", авторы: С.М.Биленький, Л.И.Липидус, Л.Д.Пузиков, Р.М.Рындин, Я.А.Сморodinский.

Две вторые премии были присуждены за работы:

1. Е.Д.Донец, В.А.Друин, В.А.Ермаков, В.Л.Михеев, С.М.Поликанов, Н.В.Скобелев, Б.В.Фефилов, Г.Н.Флеров, В.А.Шеголев. "Синтез и исследование свойств изотопа 102^{254} и 102^{256} ".

2. М.Х.Аникина, Г.Л.Варденга, М.С.Журавлева, В.Л.Любошиц, Э.О.Оконов, М.И.Подгорецкий, Г.Г.Тахтамышев, Н.И.Петров, А.М.Розанова, В.А.Русаков, В.И.Огиевецкий, Л.А.Кулюкина, Д.Нягу, У Цзун-фань, Д.И.Котляревский, З.Ш.Манджвидзе, А.А.Мествиришвили, Л.В.Чхаидзе. "Экспериментальные и теоретические исследования свойств K_2^0 -мезонов".

Первая и вторая премии ОИЯИ за методические работы были присуждены совместно двум методическим исследованиям:

1. В.В.Ахманов, К.А.Байчер, С.Х.Биктимиров, В.И.Данилов, И.Б.Енчевич, Б.И.Замолотчиков, А.А.Кропин, Б.Н.Марченко, В.Б.Мухина, И.Х.Ноздрин, Д.Л.Новиков, В.Ф.Пермяков, Э.А.Полферов, В.С.Роганов, Е.И.Розанов, А.Н.Сафонов, А.И.Смирнов, Т.Н.Томилина, Б.В.Феоктистов, А.Е.Шестов. "Цикл работ по повышению интенсивности и увеличению длительности внутреннего пучка синхротрона ОИЯИ".

2. В.Д.Ананьев, П.С.Анщупов, Б.Н.Бунин, С.П.Капица, И.М.Матора, Л.А.Меркулов, С.К.Николаев, В.Т.Руденко, Р.В.Харьюзов, Е.П.Шабалин, Ф.Л.Шапиро, А.В.Андросов, В.П.Воронин, Б.И.Воронов, Б.Ф.Дыбин, Н.А.Мацуев, Н.М.Уткин. "Система ИБР-микротрон".

Кроме того, специальная первая премия Института была присуждена за работу:

И.Звара, С.Т.Зварова, Р.Цалетка, Ю.Т.Чубурков, М.Р.Шалаевский, Б.В.Шиллов. "Химические свойства 104-го элемента".

Международные связи и научное сотрудничество

1966 год был годом дальнейшего развития сотрудничества Объединенного института с другими научными центрами. Особенно успешно развивались связи с научно-исследовательскими организациями стран-участниц. Институт был организатором ряда научных совещаний, ученые ОИЯИ работали за рубежом, участвовали в ряде международных и национальных конференций. В Дубне побывало много физиков из других стран.

Сотрудничество с научными центрами социалистических стран

Одним из важнейших достижений Института в деле сотрудничества с другими лабораториями являются связи с научно-исследовательскими центрами социалистических стран и в особенности совместные научно-исследовательские и методические работы. Их число растёт из года в год, что видно из следующей таблицы:

1962 год	- 32	1965	- 104
1963 год	- 47	1966	- 153
1964 год	- 70		

Ниже приводится несколько примеров наиболее важных совместных исследований.

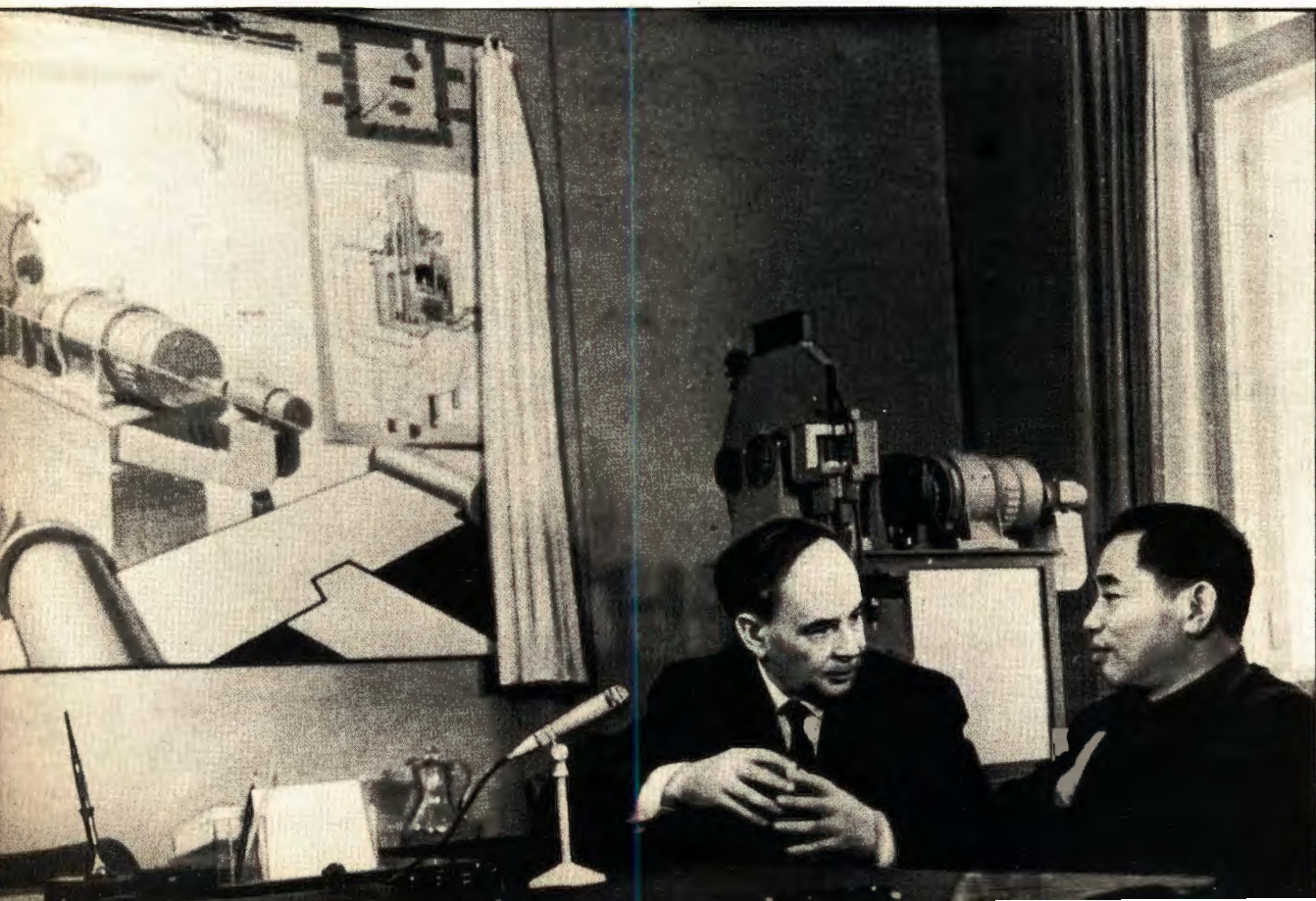
Лаборатория высоких энергий выполнила первоклассные эксперименты по упругому рассеянию на малые углы протонов на протонах и протонов на дейтронах. В этих работах участвовали ученые Болгарии, Чехословакии, Монголии и ДРВ. Полученные результаты докладывались на международных конференциях.

Целый ряд работ ЛВЭ выполнила на основе снимков с пузырьковых камер (пропановой, ксеноновой и водородной) совместно с учеными Болгарии, Польши, Румынии, Чехословакии и других стран. В связи с введением в эксплуатацию двухметровой пропановой и однометровой водородной камер совместные исследования, выполняемые с помощью этой методики, будут расширяться.

Электротехнический институт Словацкой Академии наук в Братиславе активно сотрудничает с ОИЯИ в работах по изучению сверхпроводящих соленоидов, применению сверхпроводников, разработке низкотемпературных датчиков для измерения магнитных полей.

Обширные связи с другими научно-исследовательскими организациями имеет Лаборатория ядерных проблем, и в частности отдел ядерной спектроскопии и радиохимии. Радиоактивные изотопы, получаемые на синхротроне этой лаборатории, направляются во многие научные центры социалистических стран (Будапешт, Дебрецен, Варшаву, Краков, Люблин, Дрезден, Прагу, Бухарест, Москву, Ленинград, Ташкент, Алма-Ату и др.), а также в Институт Нильса Бора в Копенгагене. На этих материалах выполняется большое число совместных работ.

Рис. 129. Заместитель министра внешней торговли ДРВ Нгием Ба Дык беседует с директором Лаборатории нейтронной физики профессором И.М.Франком.



В течение нескольких лет Лаборатория ядерных проблем в сотрудничестве с Институтом атомной физики в Бухаресте ведет исследование ядерных процессов, вызываемых безрадиационными переходами мю-мезонов в мезоатомах. В настоящее время в Бухаресте идет подготовка аппаратуры для продолжения этих работ.

Эксперименты на циклотроне Института атомной физики в Бухаресте со спонтанно делящимися изомерами осуществляют ученые ИАФ и Лаборатории ядерных реакций. Эти эксперименты проводятся уже третий год и дают хорошие результаты.

Лаборатория нейтронной физики сотрудничает с научными организациями Польши и других стран в исследованиях конденсированных сред и в области ядерной физики.

Ученые Лаборатории теоретической физики успешно кооперируются с учеными Польши, Румынии и Венгрии.

Лаборатория вычислительной техники и автоматизации налаживает связи с рядом научных центров стран-участниц ОИЯИ по методике и автоматизации обработки экспериментальных данных, разработке программ и другим вопросам.

Рис. 130. Польская дипломатическая делегация во главе с послом ПНР в СССР Э.Пшудковским посетила Институт. Ст. научный сотрудник Ю.А.Шербаков рассказал дипломатам об исследованиях, проводимых на синхроциклотроне.





Рис. 131

*Главный зал протонного
ускорителя ИФВЭ на 70 Гэв.*

Особенно в большом масштабе будет осуществляться сотрудничество с Институтом физики высоких энергий в Серпухове. В настоящее время в ОИЯИ разрабатывается искровой спектрометр, двухметровая водородная камера и проект многометровой пузырьковой камеры с целью проведения экспериментов физиками нашего Института на ускорителе в Серпухове.

Увеличилось число экспериментальных исследований с помощью аппаратуры, изготовленной в странах-участниках. В отделе ядерной спектроскопии и радиохимии ЛЯП велись исследования нейтронодефицитных изотопов на аппаратуре, изготовленной в Институте ядерных исследований в Дебрецене. В ЛЯР ведется изучение короткоживущих изомеров на приборе, сделанном в Центральном институте ядерных исследований ГДР, а также проводятся спектрометрические работы при использовании аппаратуры, разработанной в Институте ядерной физики в Кракове. Польские специалисты из Варшавского университета разработали бета-спектрометр типа "Апельсин", который используется в настоящее время в ЛЯР.

В связи с выполнением большого числа совместных работ, а также для обмена опытом и получения консультаций в научные командировки в ОИЯИ приезжает большое число специалистов стран-участниц.

Рис. 132. Ст. научный сотрудник ОИЯИ У.Кундт беседует с заместителем директора ИФВЭ доктором физико-математических наук Р.М.Суляевым.



Ниже приводится таблица этих поездок за последние 5 лет:

1962 год	- 60	1965 год	- 203
1963 год	-120	1966 год	- 252
1964 год	-148		

В соответствии с планом научных командировок в истекшем году в страны-участницы ОИЯИ выезжало 210 человек. Из этого числа 56 специалистов участвовало в научных совещаниях, школах и семинарах, которые проводились Объединенным институтом в странах-участницах или научно-исследовательскими организациями этих стран. 154 специалиста ОИЯИ были в странах-участницах в связи с выполнением совместных работ, обменом опытом или чтением лекций.

В зарубежные командировки выезжали ведущие ученые института: Д.И.Елохинцев - ВНР, Г.Н.Флеров - ПНР и ЧССР, И.В.Чувило - НРБ, Б.М.Понтекорво - НРБ, ГДР, М.Г.Мещеряков - НРБ, И.Звара - СРР, Ж.Желев - ВНР, НРБ, Нгуен Ван Хьеу - ВНР, НРБ, ДРВ, ЧССР, Э.Феньвеш - НРБ и другие.

Поездки физиков ОИЯИ содействовали укреплению сотрудничества лабораторий Института с научно-исследовательскими организациями стран-участниц.

Рис. 133. Делегация Совета экономической взаимопомощи в экспериментальном павильоне Лаборатории ядерных проблем.



Ниже приводится количество командировок специалистов ОИЯИ в страны-участницы за последние 5 лет:

1962 год	- 95	1965 год	- 162
1963 год	- 128	1966 год	- 210
1964 год	- 147		

Проведение научных совещаний

В 1966 году ОИЯИ провел 10 научных и методических совещаний.

Лаборатория теоретической физики организовала совместно с Академией наук Украинской ССР в Ялте Международную весеннюю школу по физике элементарных частиц. Школа была посвящена актуальным проблемам теории элементарных частиц. Её задача состояла в подведении итогов современного состояния теории симметрии элементарных частиц и теории сильных взаимодействий. Кроме лекций, был проведен ряд тематических семинаров по этим же проблемам. Всего в работе участвовали 185 человек, среди которых были и математики; что расширило диапазон обсуждаемых вопросов. В качестве про-

Рис. 134. Дубну посетила большая группа дипломатов стран Европы, Азии, Африки, Америки. Гости ознакомились с организационной структурой ОИЯИ, основными установками и научными исследованиями, проводимыми в Институте.



фессоров выступили крупные ученые стран-участниц, а также известные ученые других стран. Труды школы готовятся к опубликованию.

Лаборатория ядерных реакций провела в истекшем году очень важную Международную конференцию по физическим исследованиям с тяжелыми ионами, в которой приняли участие не только ученые стран-участниц Института, но и физики из других стран.

Успешно прошли также традиционное совещание по ядерной спектроскопии и теории ядра, IV симпозиум по радиоэлектронике в Праге, семинар по электромагнитным процессам в ядерных реакциях, совещание по искровым камерам и др.

Объединенный институт ядерных исследований играет очень большую роль в организации совещаний, в которых заинтересованы ученые всех стран-участниц. В совещаниях, организованных ОИЯИ, приняли участие в 1964 году - 1020, в 1965 году - 1122, в 1966 году - 1510 ученых и других специалистов ОИЯИ и стран-участниц Института.

Кроме того, было проведено 12 научно-организационных совещаний комитетов (камерного, фотоэмульсионного, по ядерной физике и нейтронной физике). Эти совещания зачастую носили не только организационный, но и научный характер, поскольку на них обсуждались результаты исследований, проведенных в Объединенном институте и странах-участницах, в частности, результаты совместных научных работ.

Сотрудничество с другими международными и национальными центрами

В 1966 году связи ОИЯИ с другими международными центрами еще более укрепились. Придавалось большое значение сотрудничеству с ЦЕРНом, членами которого являются 13 стран Западной Европы. В течение года в ЦЕРНе продолжительное время, от нескольких месяцев до года, работали 11 физиков из Дубны. Они участвовали в исследованиях, выполняемых с помощью пузырьковых камер, а также работали в других отделах. Кроме того, 11 ученых ОИЯИ побывали в ЦЕРНе с целью знакомства с проводимыми там экспериментами и обсуждения со специалистами ЦЕРНа научных и организационных вопросов. Большое значение для развития связей ОИЯИ с ЦЕРНом имела поездка туда директора Института академика Н.Н.Боголюбова.

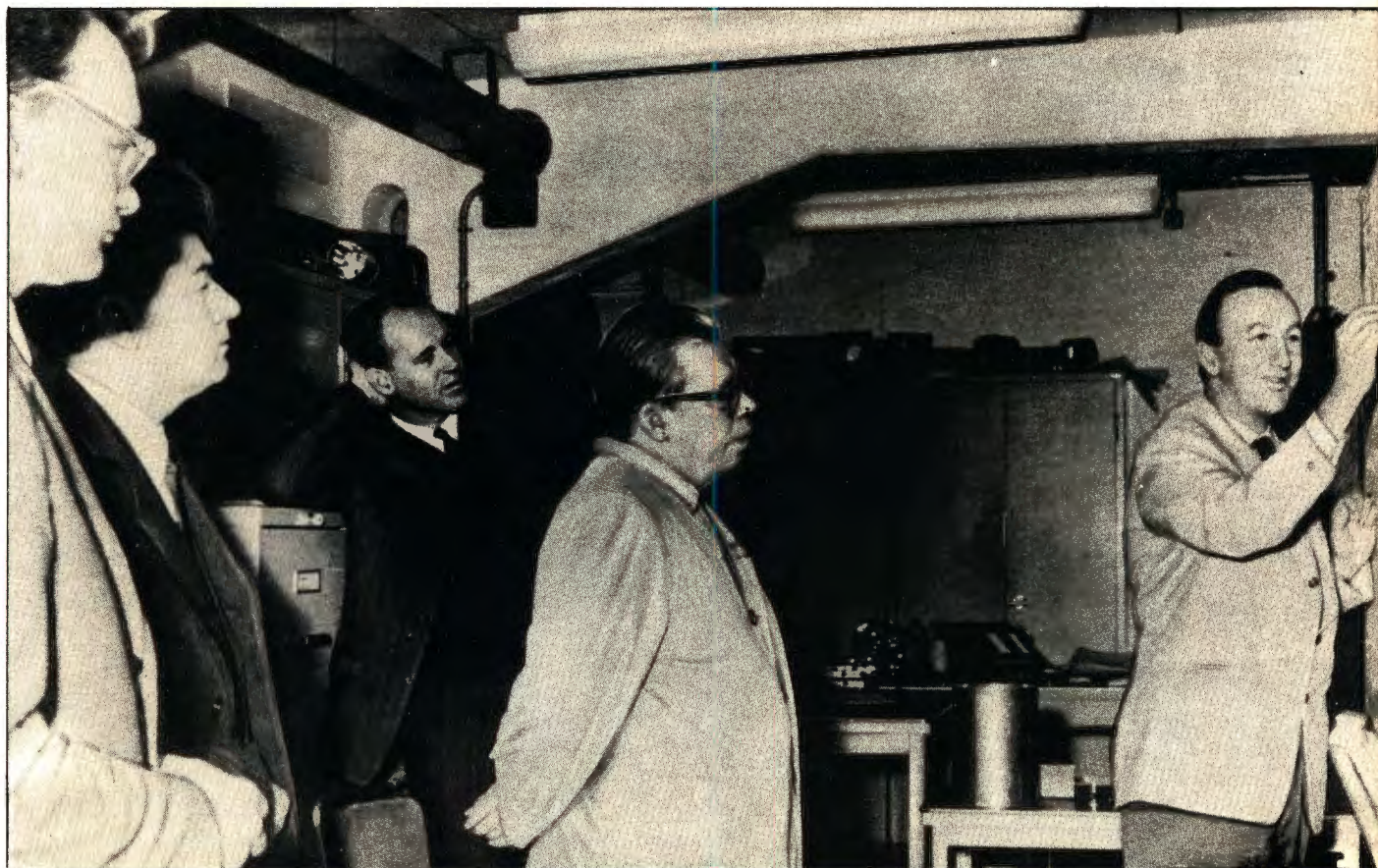


Рис. 135. Визит директора ОИЯИ академика Н.Н.Боголюбова в ЦЕРН. Во время осмотра ЦЕРНа делегацию сопровождали координатор экспериментальных работ Дидденс и сотрудник ОИЯИ И.Савин, работавший в ЦЕРНе. На снимке: руководитель научной группы Ф.Фарли рассказывает Н.Н.Боголюбову об эксперименте по измерению гиромангнитного отношения для мюона (фото г-на Бертрана, ЦЕРН).

В 1966 году успешно продолжалось сотрудничество ОИЯИ с Институтом Н.Бора в Копенгагене. Два ученых ОИЯИ работали в этом институте продолжительное время, внося свой вклад в выполняемые совместно с датскими физиками научные исследования. Сейчас в Копенгагене работают три ученых из Дубны. Большое значение в укреплении связей с этим институтом имел визит вице-директора ОИЯИ профессора И.Улеглы, директора ЛЯР профессора Г.Н.Флерова, а также заместителей директоров ЛТФ В.Г.Соловьева и ЛЯР С.М.Поликанова, которые обсуждали там вопросы дальнейшего сотрудничества, научные проблемы и выступали с лекциями.

Научные связи с французскими научными центрами также продолжают развиваться благоприятно. Имеются традиционные связи с научным центром в Сакле и Институтом ядерной физики в Орсе.

Визиты ученых из стран, не являющихся участниками

Института

В прошлом году по приглашению дирекции Института в Дубну приезжали 53 ученых из стран-неучастниц ОИЯИ. 11 из них приехали для обсуждения научных проблем, чтения лекций и обмена опытом. Успешно прошло пребывание в Дубне Э.Михаэлиса и Р.Хекена из ЦЕРНа, которые обменивались опытом с учеными ЛЯП по вопросам реконструкции синхротрона лаборатории. Это был ответный визит на посещение ЦЕРНа физиками ОИЯИ. Более месяца в ЛЯП работал французский ученый Д.Моралле, специалист по камерам и обработке экспериментальных данных. Дубну посетило также несколько физиков-теоретиков, которые выступили с лекциями на семинарах.

Большое число ученых разных стран было приглашено в 1966 году для участия в Международной школе по физике элементарных частиц, в Международной конференции по физическим исследованиям с тяжелыми ионами и других научных совещаниях.

Рис. 136. Генеральный директор ЦЕРНа профессор Б.Грегори был гостем Института. На снимке: научные сотрудники В.А.Ярба и С.А.Бунятов (оба работали в ЦЕРНе) рассказывают Б.Грегори о новых экспериментах, выполненных на синхротроне ОИЯИ.



Рис. 137 ►

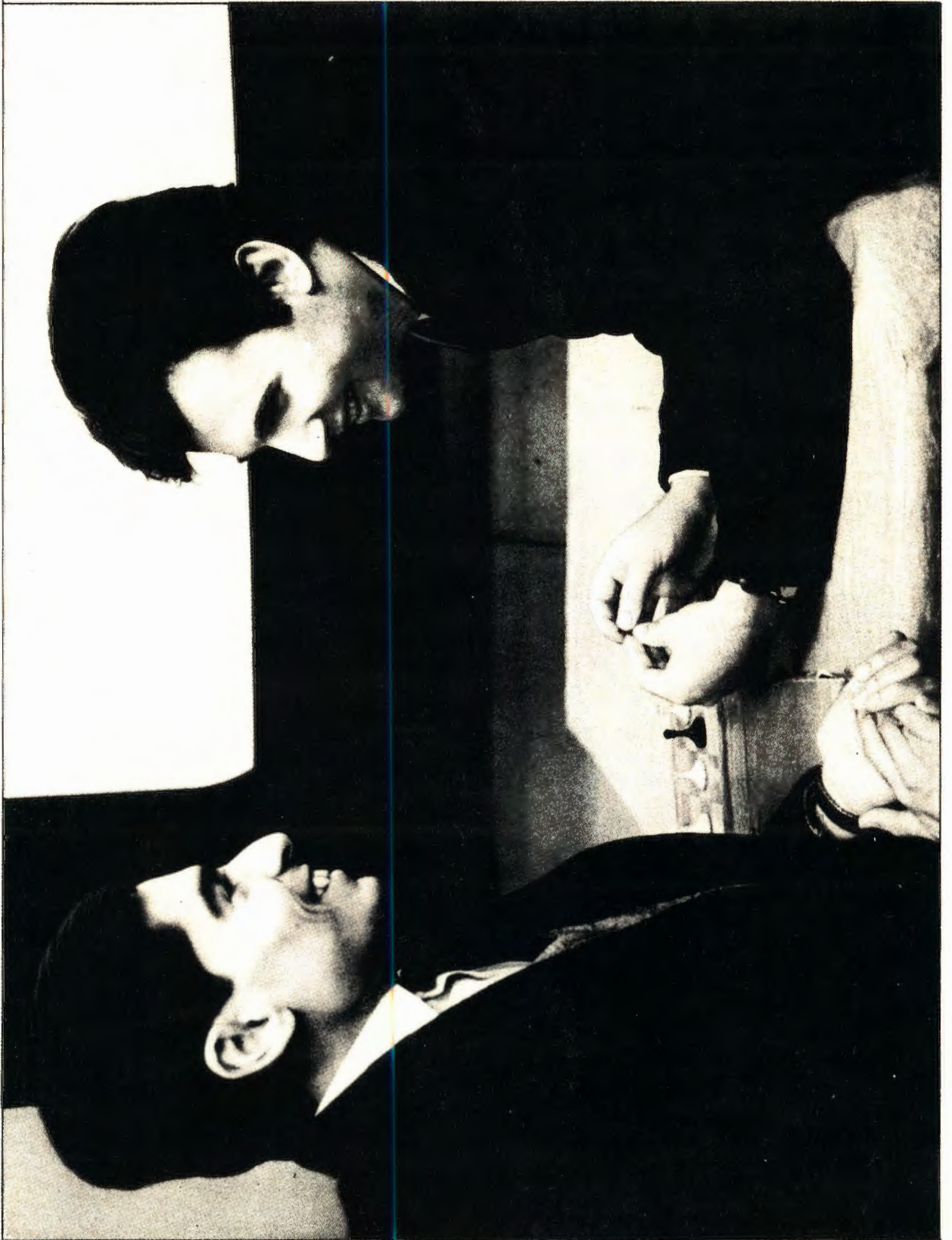
Молодые физики-специалисты в области атомных реакторов из Центра физических исследований в Гренобле знакомятся с моделью дубненского импульсного реактора. На втором плане - беседуют заместитель директора Центра ядерных исследований в Гренобле профессор П.Л.Баллиган и заместитель директора Лаборатории нейтронной физики профессор Ф.Л.Шапиро.



Рис. 138

Ученые Резерфордской лаборатории беседуют с директором Лаборатории ядерных проблем профессором В.П.Джелеповым. Слева - директор лаборатории им.Резерфорда профессор Т.Д.Пикаванс.





По соглашению об обмене учеными, существующему между Дубной и ЦЕРНом, в ЛЯР работал ученый из Западной Германии Р.Брандт, он участвовал в экспериментах по поискам тройного деления ядер. В этой же лаборатории по аналогичному соглашению с Копенгагеном в течение полугода проводил исследование спонтанно делящихся изомеров датский ученый С. Бьернхольм.

Решением Ученого совета дирекции Института предоставлено право пригласить в качестве стипендиатов из разных стран 15 физиков, преимущественно молодых, с тем, чтобы они могли сотрудничать в научных работах Института. В Дубну в ноябре 1966 года прибыл первый стипендиат - доктор Камалуддин Ахмед из Пакистана. Он будет работать в ЛТФ в течение года.

Участие ОИЯИ в международных и национальных конференциях

В прошлом году физики Института участвовали в ряде международных и национальных конференций, школ, симпозиумов. Делегации ОИЯИ были на Международной конференции по физике высоких энергий в Беркли, на Международной конференции по структуре ядра в Гатлинберге, на Гордоновской конференции по ядерной химии в США, на Международной конференции по ядерной фотографии в Италии, на Международном симпозиуме по исследованиям ядер, расположенных далеко от области стабильности, в Швеции; на Конференции по поляризованным ядерным мишеням и источникам поляризованных ионов в Сакле и др. Всего для участия в конференциях, школах и симпозиумах за границу выезжало в 1966 году 44 ученых Объединенного института.

◀ Рис. 139. Широкий международный обмен учеными - одна из характерных особенностей деятельности Института. На снимке - 2 теоретика. Один из них - Камалуддин Ахмет из Пакистана. Он приехал в Дубну на год и включился в работу Лаборатории теоретической физики. Второй - Владимир Кадышевский, который сейчас работает в международном теоретическом центре в Триесте.

П Е Р Е Ч Е Н Ь
научных совещаний, проведенных в 1966 году Объединенным институтом
ядерных исследований

Тематика совещаний	Время проведения	Место проведения	Количество участников
Совещание Камерного комитета	13-14 января	Дубна	42
XVI совещание Фотоэмульсионного комитета	13-14 января	Дубна	24
II сессия Ученого совета по физике высоких энергий	15 января	Дубна	16
Совещание Комитета по нейтронной физике	7-9 февраля	Дубна	36
Совещание Комитета по ядерной физике	7-10 февраля	Дубна	40
II сессия Ученого совета по физике низких энергий	10-12 февраля	Дубна	16
Совещание по автоматизации обработки экспериментальной информации и применению вычислительных машин	22 февраля - 3 марта	Дубна	36
Рабочее совещание по искровым камерам	14-19 марта	Дубна	127
Семинар по обмену опытом в конструировании и эксплуатации циклотронов и совещание Комитета по ядерной физике	19-23 апреля	Краков	59
Международная весенняя школа по физике элементарных частиц	14 апреля - 5 мая	Ялта	185
Совещание Камерного комитета	4-7 мая	Варна	26
XVII совещание Фотоэмульсионного комитета	4-7 мая	Варна	19
Совещание Комитета по нейтронной физике	23-25 мая	Дубна	55
III сессия Ученого совета по физике высоких энергий	26-28 мая	Дубна	16
III сессия Ученого совета по физике низких энергий	26-28 мая	Дубна	16
Совещание по математическим методам решения задач ядерной физики	21-25 июня	Дубна	47
Совещание по ядерной спектроскопии и теории ядра	28 июня - 2 июля	Дубна	129
Международная конференция по физическим исследованиям с тяжелыми ионами	13-19 октября	Дубна	171

1	2	3	4
IV симпозиум по радиоэлектронике (цифровые вычислительные машины и автоматизация обработки данных)	25-28 октября	Прага	90
Совещание Камерного комитета	29-30 ноября	Дубна	48
XVIII совещание Фотоэмульсионного комитета	29-30 ноября	Дубна	40
Совещание Комитета по нейтронной физике	29-30 ноября	Дубна	55
Совещание Комитета по ядерной физике	29-30 ноября	Дубна	25
IV сессия Ученого совета по физике высоких энергий	2-3 декабря	Дубна	17
IV сессия Ученого совета по физике низких энергий	1-3 декабря	Дубна	16
Семинар по электромагнитным процессам в ядерных реакциях	7-16 декабря	Дубна	130
Совещание по физике и химии легких мезонов	16-21 декабря	Дубна	29

П Е Р Е Ч Е Н Ь

международных и национальных конференций, симпозиумов
и семинаров, в которых принимали участие ученые ОИЯИ
в 1966 году

Международная радиохимическая конференция, Братислава, ЧССР	Р.Цалетка (ЧССР) Ю.Т.Чебурков (СССР) Ю.В.Норсеев (СССР)
Международное совещание по ядерным реакциям на легких ядрах, Берлин, ГДР	И.В.Сизов (СССР) Р.А.Эрамжян (СССР) В.И.Фурман (СССР) И. Ротгер (ГДР) Г.Элер (ГДР)
Международная конференция по слабым взаимодействиям элементарных частиц, Будапешт, ВНР	Д.И.Блохинцев (СССР) Нгуен Ван Хьеу (ДРВ) Э.О.Оконов (СССР) Б.Н.Валуев (СССР)
Национальная конференция по физике, София, НРБ	М.Г.Мешеряков (СССР) Ж.Желев (НРБ) Л.Юскеселиева (НРБ) Я.Липтак (ЧССР)
Международный симпозиум по химии горячих атомов, Лафайетт, США	И.Звара (ЧССР)
Конференция по изохронным циклотронам, Гатлинберг, США	В.П.Дмитриевский (СССР) В.В.Кольга (СССР) Е.Схвабе (ПНР)

Сессия Ученого совета Международного центра теоретической физики, Триест, Италия

Совещание по кулоновскому возбуждению, Копенгаген, Дания

Школа физиков ЦЕРНа, Ноордик-аан-Зее, Голландия

Гордоновская конференция по ядерной химии, Нью-Йорк, США

Симпозиум по работам ядерной физики с тандем-генераторами, Гайдельберг, ФРГ

Международная конференция по ядерной фотографии, Фраскати, Италия

Летняя школа физиков, Липери, Финляндия

Международный симпозиум по исследованию ядер, расположенных далеко от области стабильности, Люсечиль, Швеция

XIII Международная конференция по физике высоких энергий, Беркли, США

Международная летняя школа физиков, Герцег-Нови, Югославия

Симпозиум по хроматографии, Брюссель, Бельгия

Конференция по ядерной физике, Гатлинберг, США

Генеральная ассамблея ИЮПАП, Базель, Швейцария

Конференция по ядерным данным, Париж, Франция

Семинар по физике низких энергий, Триест, Италия

Конференция по поляризованным ядерным мишеням и источникам поляризованных ионов, Сакле, Франция

В.Г.Соловьев (СССР)
И.Тодоров (НРБ)

С.Шимчик (ПНР)

В.А.Никитин (СССР)
И.В.Фаломкин (СССР)
Я.Бем (ЧССР)
З.Яблонский (ПНР)

Ю.Ц.Оганесян (СССР)
В.А.Друин (СССР)

Г.Элер (ГДР)

К.Д.Толстов (СССР)
В.П.Перелыгин (СССР)

П.Фогель (ЧССР)

К.Александр (ГДР)
В.А.Карнаухов (СССР)
Г.Музиоль (ГДР)
Н.И.Пятов (СССР)

Д.И.Блохинцев (СССР)
В.П.Джелепов (СССР)
И.В.Чувило (СССР)
М.Г.Мешеряков (СССР)
А.Н.Тавхелидзе (СССР)
З.Стругальский (ПНР)
Т.Добровольский (ПНР)
И.Тодоров (НРБ)
У.Кундт (ГДР)

П.С.Исаев (СССР)
Б.М.Барбашов (СССР)

В.А.Халкин (СССР)
Ф.Молнар (ВНР)

И.Улегла (ЧССР)
А.Хрынкевич (ПНР)
Ж.Желев (НРБ)

Д.И.Блохинцев (СССР)

Ю.В.Рябов (СССР)

Ю.И.Фенин (СССР)

Ф.Легар (ЧССР)
П.Винтерниц (ЧССР)
З.Яноут (ЧССР)

Издательский

отдел

В 1966 году издательский отдел Института выпустил в свет 557 наименований препринтов. Ежедневно выходило по 2-3 препринта. Они рассылались в порядке обмена институтам и ученым 37 стран. В ноябре был отмечен выход в свет трехтысячного препринта.

Кроме того, за это же время послано в научные журналы более 400 статей сотрудников Института. Из них по желанию авторов около 75% было направлено в советские журналы, а примерно 25% - в журналы, издающиеся в ГДР, Венгрии, Польше, Чехословакии, Болгарии, Дании, США, Италии, Франции, Бельгии, Югославии.

По отдельным запросам, поступившим из стран-участниц и других государств, отправлено более 3000 препринтов.

В 1966 году расширился круг ученых и институтов, с которыми осуществляется обмен публикациями: у Объединенного института появилось 80 новых адресатов в странах-участницах Института и в других странах, включая Кубу, Восточный Пакистан, Гавайи.

В обмен на наши издания научная библиотека и сотрудники Дубны получили почти 10 000 препринтов и оттисков, а также бесплатную подписку на ряд советских и зарубежных журналов. Препринты и оттиски распределяются по странам следующим образом:

Страна	Препринты	Оттиски	Личные препринты	Всего
СССР	386	-	-	386
Венгрия	7	-	86	93
ГДР	42	5	31	78
Польша	247	8	20	275
Румыния	20	-	-	20
Чехословакия	52	9	9	70
Югославия	47	96	3	146
Австралия	1	1	1	3
Австрия	16	3	6	25
Бельгия	21	4	22	47
Бразилия	47	7	12	66
Великобритания	150	16	102	268
ФРГ	254	97	40	391
Голландия	6	17	10	33
Дания	30	87	29	146
Израиль	54	4	280	338
Индия	88	5	20	113
Ирландия	4	-	9	13
Италия	383	134	1144	1661
Канада	53	6	26	85
Норвегия	8	-	1	9
Пакистан	17	-	-	17
США	641	99	1460	2200
Финляндия	33	12	9	54
Франция	371	6	239	616
Швейцария	168	1	1923	2092
Швеция	79	1	26	106
Япония	236	31	80	347
Испания	13	-	2	15
Греция	5	-	-	5
Турция	1	-	1	2
Мексика	2	-	-	2
Южная Африка	-	-	2	2
Тунис	1	-	-	1
Аргентина	4	-	6	10
Общее количество	3487	649	5599	9735

В 1966 году введена новая, более рациональная система рассылки работ в зависимости от их тематики. Получателям научных публикаций были разосланы анкеты с целью уточнения интересующей их тематики. Все темы, по которым в Дубне издаются препринты, обозначены 13 различными индексами. Подготовлены новые списки адресов с указанием в каждом из них тематических индексов.

Помимо издания препринтов, издательский отдел в 1966 году к десятилетнему юбилею ОИЯИ выпустил тиражом 10 000 экземпляров книгу "Дубна 1956 - 1966" (Отпечатано в 1-ой Образцовой типографии) и участвовал в создании кинофильма "Дубна - город дружбы учёных" (Центральная студия документальных фильмов). По одному экземпляру фильма получили все страны-участницы.

Совместно с библиотекой издан библиографический указатель всех публикаций ОИЯИ за 10 лет, а совместно с ученым секретариатом - отчёт о работе ОИЯИ за 1965 год.



Рис. 140. В 1966 году ОИЯИ рассылал свои препринты ученым, институтам и библиотекам 37 стран всех континентов. За год секретарь по обмену препринтами Ярослава Финггерова (ЧССР) внесла в списки рассылки препринтов 80 новых адресов.

Кроме того, в 1966 году издательский отдел полностью удовлетворил все запросы лабораторий на бланки для обработки экспериментальных данных, а также на другую печатную продукцию. По заказам ВЦ отпечатано большое количество информационных материалов, необходимых для работы на вычислительных машинах (описания, инструкции, программы и коды). Используя свое фото-репродукционное оборудование, издательский отдел изготовил 597 пленок по заказам ЦЭМа для изготовления печатных схем электроники.

Издательским отделом отпечатаны и разосланы в страны-участницы 6 рапортерских докладов на XIII Международной конференции по физике высоких энергий в Беркли. Печатались материалы к конференциям, происходившим в Дубне (конференция по физике тяжелых ионов, совещания по искровым камерам, ядерной спектроскопии и др.). Печатались также все авторефераты кандидатских и докторских диссертаций сотрудников ОИЯИ, материалы для Комитета полномочных представителей, Ученых советов.

По заказам библиотеки, лабораторий Института и землячества изготовлено 1095 страниц фотокопий и 11681 кадров микрофильмов.

В 1966 году машинный парк издательского отдела пополнился современными машинами, позволившими улучшить полиграфическое качество препринтов.

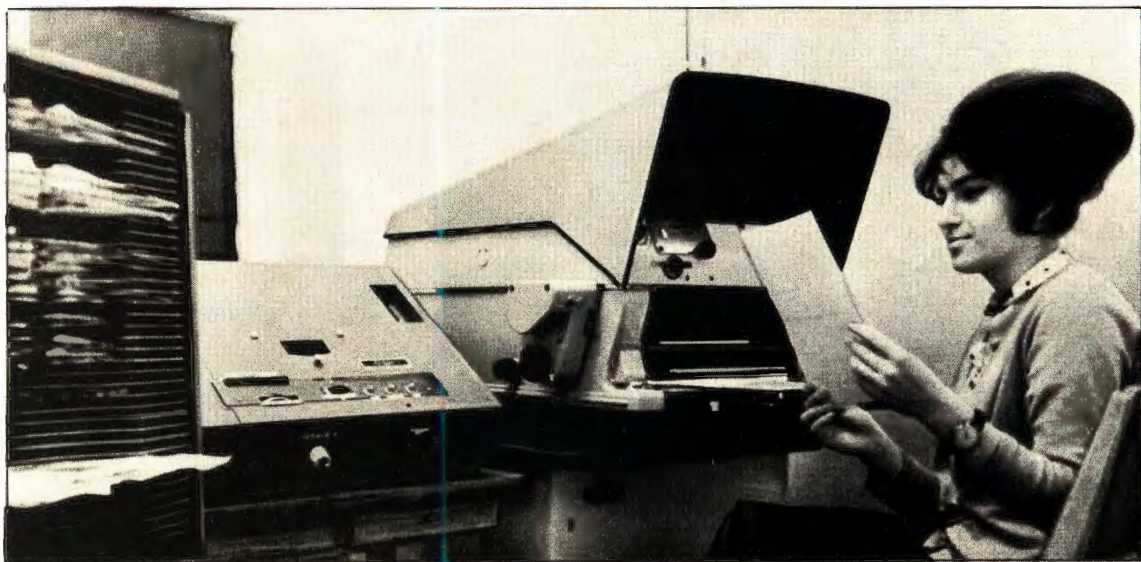


Рис. 141. Издательский отдел Института регулярно пополняет свой машинный парк новым оборудованием, позволяющим улучшать полиграфические качества препринтов.

Научно-
техническая
библиотека

В 1966 году научно-техническая библиотека обслуживала 3480 человек, в том числе 550 прибывших в ОИЯИ в командировку. Было выдано 98 474 экземпляра книг и журналов. Сотрудники Института обеспечивались необходимой литературой по всем основным научным вопросам.

За год в библиотеку поступило всего 17 041 экз. книг, журналов, препринтов. Она получала журналы 550 названий, из них 50 — по обмену, причём 30 — из стран-участниц. Вся вновь поступившая литература своевременно обрабатывалась и отражалась в каталогах библиотеки.

На 31 декабря 1967 года фонд библиотеки составлял 239 252 печатных единицы.

Библиографическая группа НТБ проводит справочно-информационную работу, тематическую подборку журнальных статей по 33 темам, рассылает информационные списки новых книг, журналов, препринтов по всем лабораториям. Два раза в месяц выпускается "Информационный бюллетень", который рассылается в 200 адресов.

В прошедшем году был подготовлен и издан "Библиографический указатель работ сотрудников ОИЯИ за 1956-1966 гг.". Восемь тематических выставок литературы было организовано к совещаниям и конференциям, проходившим в Институте.

Изобретательство и рационализация

На 31 декабря 1966 года в Объединенном институте ядерных исследований всего сделано 103 изобретения, из которых внедрено 35.

В 1966 году сотрудниками ОИЯИ подана 81 заявка на предполагаемые изобретения. Получены положительные решения по 21 из них.

В истекшем году внедрено 280 рационализаторских предложений и 8 изобретений, при этом внедрение 10 рационализаторских предложений дало экономический эффект в сумме 58,5 тыс. руб.

На 31 декабря 1966 года патентный фонд ОИЯИ составляет 31 600 единиц, в том числе:

а) описаний изобретений	-	13 600,
б) карточек патентов	-	18 000.

В ОИЯИ работает свыше 800 рационализаторов и 123 изобретателя.

Административно-
хозяйственная
деятельность

Вся административно-хозяйственная деятельность Института в 1966 году была направлена на выполнение задач, поставленных Ученым советом и Комитетом полномочных представителей Института.

Ниже приводятся основные, определяющие показатели административно-хозяйственной деятельности ОИЯИ в 1966 году.

1. К а д р ы

На 31 декабря 1966 года в лабораториях и управлении Объединенного института ядерных исследований работало 3220 сотрудников, кроме того, в производственных подразделениях Объединенного института 1209 человек.

По категориям работающие в ОИЯИ распределяются следующим образом:

	В лабораториях и управлении	В производствен- ных подразделениях	Всего
Научные сотрудники	504	-	504
Инженеры	624	53	677
Техники и мастера	345	82	427
Рабочие и лаборанты	1308	883	2191
Млад. обслуж. персонал	139	121	260
Служащие	202	48	250
Ученики	98	22	120
Итого:	3220	1209	4429

Из числа специалистов из стран-участниц (кроме СССР) в ОИЯИ работают: научные сотрудники - 165, инженеры - 57, техники, лаборанты и служащие - 51.

В Институте трудятся:	
академики	- 2
члены-корреспонденты	
АН СССР	- 6
доктора наук	- 39
кандидаты наук	-169

К о м п л е к т о в а н и е. В течение 1966 года в Объединенный институт принято 492 новых сотрудника:

научных сотрудников	- 112
инженеров	- 83
техников и мастеров	- 31
рабочих и лаборантов	- 147
служащих	- 16
учеников	- 103

в том числе 146 специалистов из стран-участниц (кроме СССР). Из общего числа принятых 27 - молодые специалисты с высшим образованием. За тот же период освобождено от работы 346 человек.

В 1966 году регулярно проводились перевыборы научных работников на занимаемые ими должности. Учеными советами и научно-техническими советами лабораторий избраны на новые сроки 62 научных сотрудника. В 1966 году были замещены вакансии на должности директоров и заместителей директоров лабораторий, срок полномочий которых истек. Выборы состоялись на XXI сессии Ученого совета ОИЯИ.

Советами лабораторий присвоено ученое звание младшего научного сотрудника 37 молодым научным работникам Института. Аттестовано и переведено на должности младших научных сотрудников 6 стажеров.

В Институте возросло количество работников, имеющих ученые степени, как в результате защиты кандидатских и докторских диссертаций сотрудниками лабораторий, так и в результате привлечения на работу в Объединенный институт

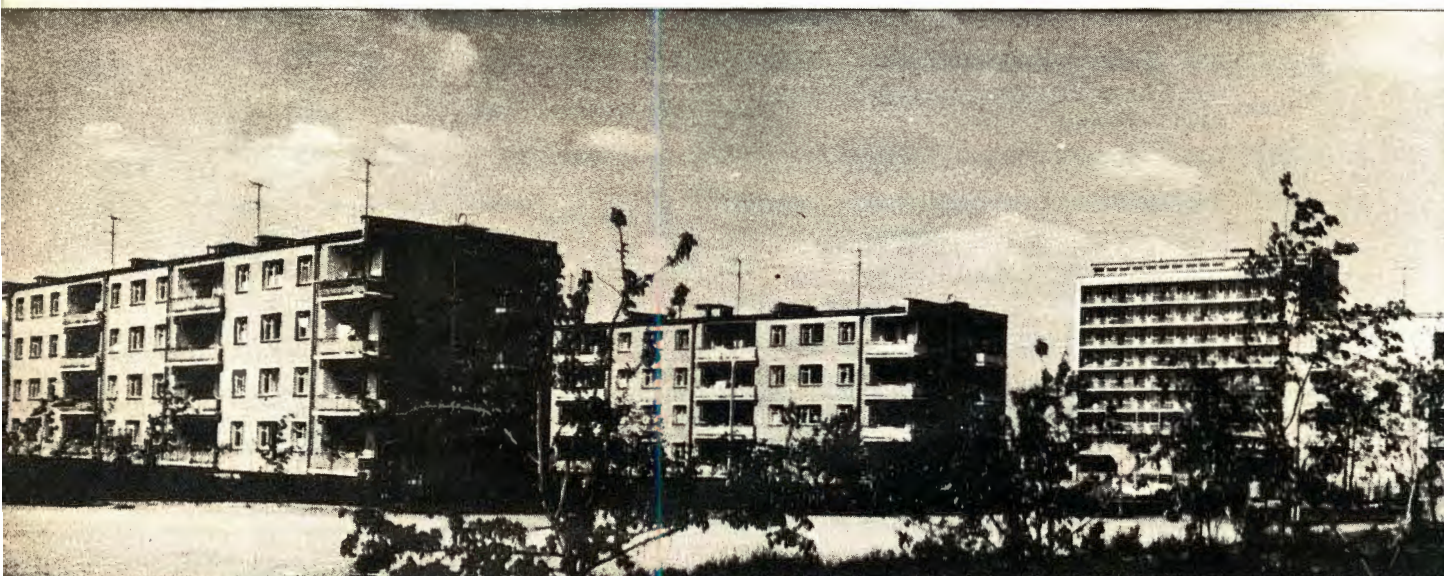
В результате проведенных мероприятий реализовано материалов и оборудования в 1966 году на сумму 501,0 тыс.руб.

В 1966 году были установлены нормативы запасов материальных ценностей на складах и кладовых лабораторий и производственных подразделений.

3. Капитальное строительство

Затраты по плану капитального строительства на 1966 год предусматривались в размере 3480 тыс.руб., фактические затраты составили 3039 тыс.руб, или 87,3%. По отдельным статьям капитального строительства выполнение плана за отчетный период характеризуется следующими цифрами:

Структура капитальных вложений	План	Фактич. выполн.	% выполн.
Всего капитальных вложений	3480,0	3039,0	87,3
В том числе:			
1. Строительно-монтажные работы	1330,0	897,0	67,4
2. Оборудование и монтаж	1912,0	1887,0	98,7
3. Прочие затраты	238,0	254,0	106,5
4. Основные фонды	3879,5	3262,0	84,0



В отчётном году введены в эксплуатацию объекты и оборудование на сумму 3262,0 тыс.руб. в том числе:

1. Расширение главной понизительной подстанции № 1 с установкой трансформатора на 20 тыс. ква.
2. Счётная машина БЭСМ-3М в Лаборатории высоких энергий.
3. Счётная машина „Минск-22“.
4. Здание № 72 для отделов дозиметрии и КИПа.
5. Лабораторная часть нового здания Лаборатории вычислительной техники и автоматизации.
6. Разделительная установка и реконструкция У-150 в У-200 Лаборатории ядерных реакций.
7. Новые помещения и оборудование Центральных экспериментальных мастерских.

Кроме того, введен в эксплуатацию ряд других объектов.

Рис. 142. На берегу Волги завершается строительство жилого массива по плану болгарских архитекторов. Уже сдано в эксплуатацию 20 тысяч квадратных метров жилой площади.



4. Производственные подразделения института

Производственно-финансовая деятельность производственных подразделений за 1966 год характеризуется следующими основными показателями:

Показатели	План на 1966 год	Фактически выполнено за 1966 год	% выполнения плана
1. Объем готовой продукции, выполненных работ и оказанных услуг в тыс.руб.	4072	4593	104,0
2. Результат деятельности (прибыль) в тыс.руб., в % к выполненному объему	236,7 5,82%	271 5,91%	114,3
3. Затраты на 1 рубль реализованной продукции, в копейках	0-94,2	0-94 1	
4. Среднесписочная численность работающих	1152	1142	99,1
5. Выработка на одного работающего, в руб.	3535	4022	113,8

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

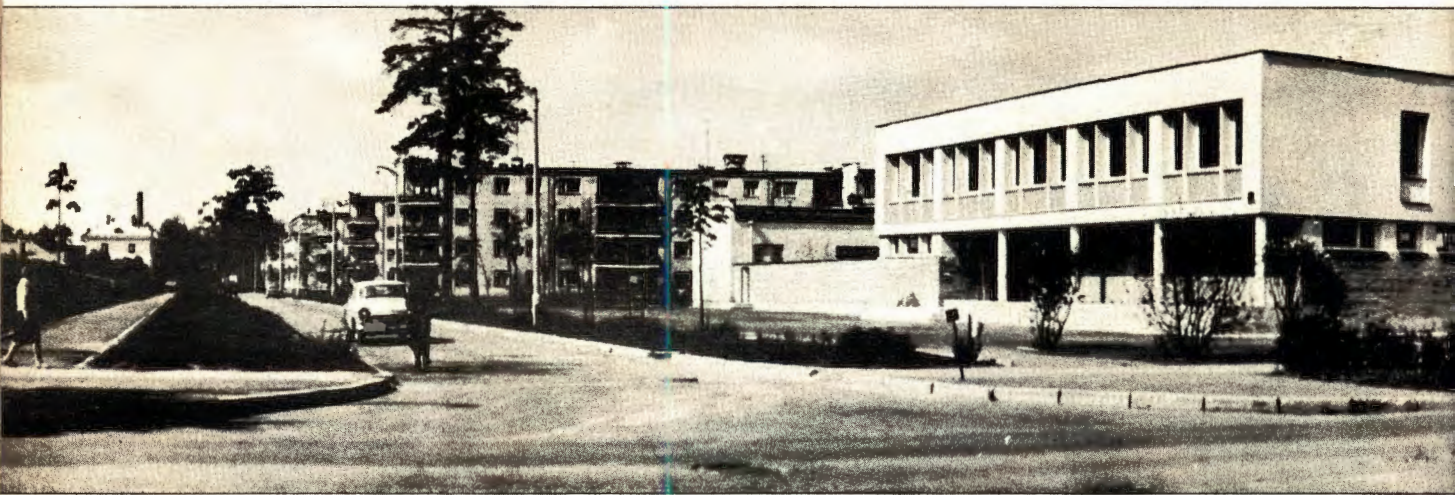
План по производительности труда выполнен, достигнут рост по сравнению с 1965 годом на 1,9%. Значительно снижены затраты на производство. Все производственные подразделения работают рентабельно. Прибыль за год составила 271 тыс.руб., или 5,91% к выполненному объему.



Рис. 143 Заготовительный цех Централных экспериментальных мастерских пушен в 1966 году.



Рис. 144. Улица имени академика В.И.Векслера.



▲ Рис. 145

Приняла первых читателей новая городская библиотека с книгохранилищем на 100 тыс. томов, несколькими читальными залами, холлами, детской секцией.

Рис. 146 ►

Построено первое здание нового жилого массива на берегу Волги — школа на 1000 учащихся.



5. Охрана труда, техника безопасности и
производственная санитария

В 1966 году был проведен ряд организационно-технических мероприятий, направленных на улучшение условий труда и безопасности работ. Мероприятия по охране труда, технике безопасности и производственной санитарии на 1966 год были выполнены в установленные сроки.

На выполнение мероприятий было израсходовано 73520 рублей, в том числе:

а) на технику безопасности	37060 руб.,
б) на вентиляцию	9050 руб.,
в) на санбытустройства	10090 руб.

С 10 сентября по 25 октября 1966 года в Институте был организован и проведен общественный смстр состояния техники безопасности охраны труда, производственной санитарии и пожарной безопасности.

ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
В 1966 ГОДУ

