

2692/94

ДУБНА·1993

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

С 34

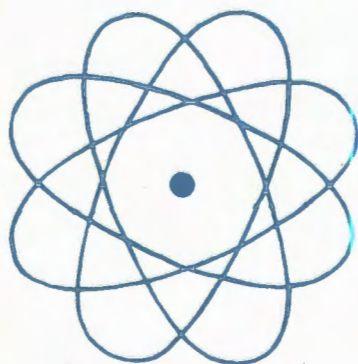


JOINT INSTITUTE FOR NUCLEAR RESEARCH

1993·DUBNA

Экз чит зала

**ОТЧЕТ
О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ**



ЕЖЕГОДНОЕ ИЗДАНИЕ

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
БИБЛИОТЕКА

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
РУКОВОДЯЩИЕ И КОНСУЛЬТАТИВНЫЕ ОРГАНЫ ОИЯИ	
Деятельность руководящих и консультативных органов	8
Премии	21
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ РАБОТЫ, ВЫПОЛНЕННЫЕ ЛАБОРАТОРИЯМИ ОИЯИ В 1993 ГОДУ	
Лаборатория теоретической физики	24
Лаборатория высоких энергий	37
Лаборатория сверхвысоких энергий	51
Лаборатория ядерных проблем	66
Лаборатория ядерных реакций	82
Лаборатория нейтронной физики	97
Лаборатория вычислительной техники и автоматизации	113
Учебно-научный центр	120
МЕЖДУНАРОДНЫЕ СВЯЗИ И НАУЧНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО	122
ОБЩЕИНСТИТУТСКИЕ СЛУЖБЫ	
Отдел радиационной безопасности и радиационных исследований	144
Опытное производство	146
НАУЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ	
Издательский отдел	148
Научно-техническая библиотека	149
Патентный отдел	150
АДМИНИСТРАТИВНО-ХОЗЯЙСТВЕННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ	152

ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с концепцией развития ОИЯИ, принятой Ученым советом на 73 сессии, Объединенный институт в 1993 году работал как крупный многоплановый международный научный центр, в котором интегрированы фундаментальные исследования структуры материи, разработки и применения новейших технологий, университетское образование в соответствующих областях знаний.

Учитывая высокий уровень и перспективность исследований в сочетании с непростыми экономическими условиями, Институт сосредоточил усилия на следующих приоритетных направлениях деятельности: исследованиях конденсиро-

ванных сред с помощью нейтронов на реакторе ИБР-2; физике тяжелых ионов на ускорителях У-400 и У-400М; завершении создания нуклотрона и начале его эксплуатации; участии в программах по физике частиц в ЦЕРН, ИФВЭ и других научных центрах. ОИЯИ продолжил работу по организации на базе существующего Учебно-научного центра ассоциации «Международный университет Дубна».

К основным достижениям ОИЯИ прошедшего года нужно отнести ввод в действие сверхпроводящего ускорителя ядер на высокие энергии — нуклотрона. Успешно проведены три сеанса охлаждения кольца нуклотрона и опробован режим



8—10 июня в Дубне состоялась 74 сессия Ученого совета ОИЯИ. На снимке: члены Ученого совета ОИЯИ



Дубна, 30 января. Подписание протокола заседания координационного комитета ОИЯИ — ФМИТ (ФРГ) по выполнению Соглашения о сотрудничестве и использовании установок ОИЯИ

ускорения. Впервые получен, ускорен в линейном ускорителе и инжектирован в камеру нуклотрона пучок ионов криптона. Начаты новые эксперименты на внутреннем пучке нуклотрона коллаборациями СФЕРА, СЯО, DELTA.

После успешного запуска циклотрона У-400М в конце 1992 года в марте 1993 года на У-400М с источником РИГ был получен внутренний пучок ионов с энергией от 20 до 50 МэВ/нуклон. Проведен первый физический эксперимент с использованием 4 π -спектрометра ФОБОС по исследованию тройного деления ядер, выполненный на выведенном пучке ионов лития-7. На рекордных по интенсивности пучках ионов ускорителя У-400 на новой установке «Газонаполненный спектрометр» синтезированы тяжелые изотопы 106 и 104 элементов, что привело к открытию новой области стабильности сверхтяжелых ядер вблизи нейтронной оболочки с $N = 162$.

Осуществлена первая после пуска реактора ИБР-2 (десять лет назад) догрузка реактора в связи с выгоранием топлива. В нейтронных исследованиях на ИБР-2 особое место занимают эксперименты по неупругому рассеянию холодных нейтронов на жидком гелии-4. Здесь впервые наблюдаются процессы рассеяния нейтронов с

приобретением энергии, т.е. рассеяние на существующих в гелии коллективных возбуждениях.

В рамках развития информационно-вычислительной инфраструктуры ОИЯИ создан распределенный UNIX-сервер, что обеспечит на базе единого интерфейса пользователей локальной сети ОИЯИ вычислительным, программным и файловым сервисом.

На заседании Комитета Полномочных Представителей в соответствии с новым Уставом ОИЯИ был сформирован новый состав Ученого совета. Членами Ученого совета стали не только представители стран-участниц, назначенные Полномочными Представителями, но и ученые из других стран, имеющие высокий международный авторитет.

С 1 января 1993 года Словацкая Республика и Чешская Республика — государства — члены ОИЯИ. В соответствии с заявлениями представителей Словацкой и Чешской Республик они стали правопреемниками ЧСФР как члена ОИЯИ. Число государств — членов Объединенного института теперь равно 18.

Важным событием явилось подписание в феврале Соглашения между ОИЯИ и Венгерской Академией наук о продолжении научного сотрудничества на реакторе ИБР-2 и циклотроне У-400

в рамках конкретных научных проектов, принятых в ОИЯИ. В апреле подписано Соглашение о сотрудничестве с Комитетом по атомной энергии Египта. В июне достигнута договоренность о продлении до 31 декабря 1996 года Соглашения о сотрудничестве между ОИЯИ и Федеральным министерством исследований и технологий ФРГ.

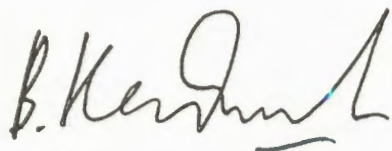
Большое внимание дирекция уделяла развитию отношений ОИЯИ с Россией — страной местонахождения Института. Состоялась встреча представителей дирекции ОИЯИ с первым вице-премьером правительства России Е.Т.Гайдаром. В завершающую стадию перешла работа по подготовке соглашения о сотрудничестве между Россией и ОИЯИ. В июне подписано Соглашение ОИЯИ с Министерством РФ по атомной энергии, оговорено участие ОИЯИ в некоторых государственных программах России.

В 1993 году в ОИЯИ принято Положение о новой системе организации финансирования тем и проектов. Начат переход к системе грантов для реализации конкретных научных программ. Ряд

российских сотрудников Объединенного института получили персональные гранты фонда Сороса. Фонд INTAS (Фонд Европейского сообщества по поддержке науки на территории бывшего СССР) присудил 29 грантов проектам, в которых участвует ОИЯИ.

В обращении группы членов Ученого совета ОИЯИ к правительству России говорится: «Несмотря на очень тяжелое экономическое положение, ученые Института доказали свои способности, получив замечательные научные результаты. Многие крупные организации Западной Европы и Америки желают сотрудничать с ОИЯИ, они также рассматривают Институт в качестве важного звена взаимодействия со многими странами Восточного региона».

Это еще раз подтверждает заинтересованность ученых ведущих научных физических центров в сохранении и укреплении Объединенного института ядерных исследований, а также правильность проводимой научной политики.



В.Г.Кадышевский
Директор Объединенного института
ядерных исследований

**РУКОВОДЯЩИЕ
И КОНСУЛЬТАТИВНЫЕ
ОРГАНЫ ОИЯИ**



ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ РУКОВОДЯЩИХ И КОНСУЛЬТАТИВНЫХ ОРГАНОВ ОИЯИ

СОВЕЩАНИЕ КОМИТЕТА ПОЛНОМОЧНЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ

16—17 марта в Дубне состоялось очередное совещание Комитета Полномочных Представителей правительств государств — членов ОИЯИ. Председателем был избран директор Института ядерных исследований и ядерной энергетики БАН профессор И. Ванков.

КПП рассмотрел письма о полномочиях представителей Словацкой и Чешской Республик и в соответствии с заявлениями представителей их правительств признал Словакию и Чехию правопреемниками Чешской и Словацкой Федеративной Республики как члена ОИЯИ, в соответствии с чем 1 января 1993 г. Словацкая Республика и Чешская Республика являются государствами — членами ОИЯИ.

Заслушав и обсудив доклад директора Института члена-корреспондента РАН В.Г.Кадышевского о деятельности ОИЯИ в 1992 г. и задачах на 1993 г., КПП одобрил работу Института по выполнению плана научно-исследовательских работ и международного сотрудничества в 1992 г. и утвердил решения 72 и 73 сессий Ученого совета, отметив успешный ход реализации мероприятий дирекции ОИЯИ по выполнению решений КПП (17—18 марта 1992 г.), нацеленных на концентрацию ресурсов в нескольких приоритетных областях и повышение эффективности деятельности Института в главных направлениях.

КПП утвердил в должностях на срок до 23 июня 1997 г.:

— вице-директоров ОИЯИ — академика РАИН А.Н.Сисакяна, профессора Ц.Вылова;

— административного директора ОИЯИ — А.И.Лебедева;

— главного инженера ОИЯИ — профессора В.П.Саранцева;

— главного ученого секретаря ОИЯИ — кандидата физико-математических наук Н.А.Русаковича.

Были утверждены протоколы заседаний Финансового комитета от 29—30 сентября 1992 г. и 16—17 февраля 1993 г. Утвержден отчет ОИЯИ

об исполнении бюджета за 1991 г. Рассмотрен вопрос о денежной компенсации Венгерской Республике, заявившей о своем выходе из ОИЯИ с 1 января 1993 года.

КПП принял к сведению информацию об исполнении бюджета ОИЯИ за 1992 г., утвердил скорректированные размеры долевых взносов на 1992 г. Утвержден бюджет ОИЯИ на 1993 г. с общей суммой расходов 22 млн долларов США.

КПП обратился к правительствам государств — членов ОИЯИ с просьбой о поддержке научной, технической и образовательной программы ОИЯИ — уникального международного центра фундаментальных исследований, несмотря на тяжелые экономические условия в ряде стран-участниц.

КПП согласился с применением в расчетах основной части долевого взноса принципа пропорциональности шкале ООН. Дирекции Института было поручено обратиться в ООН для уточнения шкалы взносов стран-участниц в бюджет ООН. Утверждены контрольные цифры по бюджету ОИЯИ на 1994 год в размере 26 млн долларов США. Одобрены предложенные принципы организации и порядок финансирования направлений, тем и проектов, принятые Ученым советом и Финансовым комитетом.

На заседании КПП утверждено положение о персонале ОИЯИ с учетом замечаний, высказанных в ходе обсуждения. Одобрен представленный дирекцией перечень нормативных документов ОИЯИ. Дирекции Института поручено доработать некоторые документы перечня и разрешено по мере необходимости вносить изменения и дополнения в состав и содержание документов перечня.

Рассмотрев вопрос о выборах нового состава Ученого совета ОИЯИ, КПП определил численный состав Ученого совета — 41 член. Утвержден список членов Ученого совета по результатам голосования с полномочиями на 5 лет.

КПП заслушал доклады академика РАН А.М.Балдина о научной программе на ускорителе



Дубна, 17 марта. Дирекция ОИЯИ и Полномочные Представители государств — членов Института в Доме международных совещаний

нуклотрон и начале экспериментов на внутренних мишенях; члена-корреспондента РАН Ю.Ц.Оганесяна о научной программе на ускорителе МЦ-400 и первом эксперименте на установке ФОБОС; профессора В.П.Саранцева о состоянии и развитии базовых установок ОИЯИ и работах по проектам новых базовых установок.

КПП отметил, что для развития перспективных направлений исследований в ОИЯИ определяющую роль играет поддержание и развитие экспериментальной базы Института, обеспечение продолжения работ по реализации проекта источника нейтронов ИРЕН, создание уникального комплекса накопителей пучков стабильных и радиоактивных ядер К4-К10.

СЕССИИ УЧЕНОГО СОВЕТА ОИЯИ

12—14 января в Дубне состоялась 73 сессия Ученого совета ОИЯИ.

Ученый совет заслушал информацию дирекции Института о выполнении решений 71 и 72 сессий Ученого совета ОИЯИ и решениях сен-

Для успешного развития одного из перспективных направлений в Институте КПП считает необходимым дальнейшую проработку проектов накопителей электронов ($c-\tau$ фабрика, СИ) и их международную апробацию. Осуществлению этих проектов может способствовать создание международных коллабораций исследователей заинтересованных стран.

Полномочные Представители государств — членов ОИЯИ обратились к правительству Российской Федерации с просьбой рассмотреть вопрос о придании институтской части города Дубны статуса архитектурно-природного заповедника с возможностью создания здесь лишь объектов научного, научно-технического и образовательного назначения, неотделимых от деятельности ОИЯИ.

табрьского совещания Финансового комитета. Одобрены основные положения концепции развития ОИЯИ как крупного многопланового международного научного центра, в котором интегрированы фундаментальные исследования

структуры материи, разработки и применения новейших технологий и университетское образование в соответствующих областях знаний.

Совет поддержал предложение дирекции ОИЯИ о проведении в рамках Международного университета с 12 июля по 22 августа 1993 г. курса «Ядерная безопасность: физические, медико-биологические и экологические проблемы (уроки Чернобыля)».

Об основных итогах выполнения программы научно-исследовательских работ и международного сотрудничества за 1992 г. и о научной программе лабораторий Института на 1993 г. сделали доклады доктор физико-математических наук В.В.Буров, академик РАН А.М.Балдин, профессор И.А.Савин, кандидат физико-математических наук М.Г.Сапожников, член-корреспондент РАН Ю.Ц.Оганесян, профессора В.Л.Аксенов и Р.Позе.

Ученый совет одобрил основные итоги научно-исследовательской деятельности ОИЯИ в 1992 году, определил главные направления научной деятельности лабораторий в 1993 году. Отметил большой вклад, внесенный сетевыми службами ЛВТА, ЛЯП, ЛНФ, ЛСВЭ, ЛВЭ и ОТС в развитие общеполитинститутской скоростной вычислительной сети ETHERNET.

По информации профессора И.М.Граменицкого о результатах работы научно-координационного совета Института физики высоких энергий (Протвино) Ученый совет отметил, что создание ускорительно-накопительного комплекса ИФВЭ является чрезвычайно важным этапом в развитии фундаментальных исследований в области физики высоких энергий. Ученый совет поддержал стратегию ИФВЭ по созданию УНК-1 (600 ГэВ) до 1996 года и УНК-II (3 ТэВ) до 2000 года с сохранением возможности продолжать до этого времени эксперименты на У-70.

Главный ученый секретарь Института кандидат физико-математических наук Н.А.Русаквич сделал сообщение о предложениях дирекции по организации и порядку финансирования направлений, тем и проектов. Ученый совет одобрил принципы подхода к организации и порядку финансирования и рекомендовал их для последующего рассмотрения Финансовым комитетом и утверждения Комитетом Полномочных Представителей. Ученый совет предложил ввести с 1 марта 1993 г. внутренние субсчета по научным направлениям, темам и проектам.

Ученый совет одобрил представленный вице-директором Объединенного института действительным членом РАИН А.Н.Сисакином доклад о кадрах специалистов ОИЯИ.

О международном сотрудничестве и направлениях его дальнейшего развития сделал доклад вице-директор Ц.Вылов. Ученый совет одобрил

деятельность дирекции ОИЯИ по международному сотрудничеству Института в 1992 году и утвердил план проведения научных совещаний ОИЯИ на 1993 год. Председатели научно-координационных советов А.Н.Сисакян и Ц.Вылов, заместитель председателя НКС по теоретической физике профессор Е.П.Жидков информировали о работе НКС по направлениям. Ученый совет рекомендовал дирекциям Института и лабораторий принять меры к выполнению решений НКС.

Ученый совет рекомендовал обеспечить в 1993 году финансирование проектных работ, исследований и проведение разработок по нейтронному источнику ИРЕН.

С учетом результатов экспертизы накопительного комплекса тяжелых ионов К4-К10 и актуальности научной программы предложено рассмотреть на совещании КПП вопрос о начале работ по комплексу К4-К10.

Предложено продолжить проработку проекта с-т фабрики, подготовить материалы для дальнейшей международной технической экспертизы с учетом обсуждения на Международном совещании по с-т фабрике, которое состоится в Дубне в апреле 1993 года.

На сессии Ученого совета были проведены выборы на должности руководителей лабораторий Института. На основании результатов тайного голосования утверждены директорами (сроком на 4 года):

Лаборатории теоретической физики — член корреспондент РАН Д.В.Ширков;

Лаборатории высоких энергий — академик РАН А.М.Балдин,

Лаборатории сверхвысоких энергий — профессор И.А.Савин,

Лаборатории ядерных реакций — член-корреспондент РАН Ю.Ц.Оганесян,

Заместителями директора Лаборатории вычислительной техники и автоматизации (сроком на 3 года):

— кандидат физико-математических наук В.В.Кореньков,

— профессор И.В.Пузынин.

К 74 сессии Ученого совета объявлены выборы на следующие должности:

— директоров Лаборатории ядерных проблем и Лаборатории нейтронной физики;

— заместителей директоров Лаборатории теоретической физики (2 вакансии); Лаборатории высоких энергий (3 вакансии); Лаборатории сверхвысоких энергий (3 вакансии); Лаборатории ядерных реакций (2 вакансии).

Ученый совет заслушал доклады: профессора В.Н.Первушина «Сотрудничество по программе «Гейзенберг — Ландау»: Дубна — Росток — Гейдельберг», профессора П.Хиисмяки «Новые применения метода обратного времени полета на

реакторе ИБР-2» и профессора И.В.Пузынина «Проблемы нелинейной вычислительной физики».

Одобрены Правила процедуры по выборам руководителей лабораторий в ОИЯИ, принята к сведению информация о проекте Правил процедуры Ученого совета ОИЯИ. По формированию нового состава Ученого совета ОИЯИ было решено представить Комитету Полномочных Представителей список кандидатур для выборов членов Ученого совета в соответствии с Уставом ОИЯИ.

8—10 июня в Дубне проходила 74 сессия Ученого совета ОИЯИ.

В принятом решении Ученый совет поставил свои основные задачи по определению и оценке научной программы Института, закреплению репутации ОИЯИ как международного научного центра высокого уровня и взаимодействию с создаваемыми в Институте программными консультативными комитетами.

С этой целью Ученый совет предполагает рассмотрение на своих сессиях крупных научных проектов, выработку рекомендаций дирекции ОИЯИ и КПП по работам в перспективных направлениях научной программы, а также по определению полномочий, состава и круга обязанностей программных консультативных комитетов.

Ученый совет констатировал значительные результаты, полученные в исследованиях конденсированных сред и в методических разработках современных детекторов частиц. С удовлетворением отмечено начало работ на установке ФОБОС на ускорителе У-400М и успешное испытание с пучком сверхпроводящего ускорителя — нуклотрона.

Ученый совет принял общие рекомендации.

Заслушав доклад директора Института члена-корреспондента РАН В.Г.Кадышевского, Ученый совет рекомендовал сохранить на 1994 год распределение финансирования направлений исследований, принятое на 72 сессии (25—26 июня 1992 г.).

Учитывая высокий уровень и перспективность работ, проводимых в ОИЯИ на ИБР-2, ускорителях тяжелых ионов и ускорителе релятивистских ядер, а также разработки новых методов детектирования частиц, Ученый совет рекомендовал сосредоточить усилия на следующих приоритетных направлениях:

— исследование конденсированных сред с помощью нейтронов на ИБР-2;

— физика тяжелых ионов на ускорителях У-400 и У-400М;

— завершение создания нуклотрона и начало его эксплуатации;

— участие в программах по физике частиц в ЦЕРН, ИФВЭ, SSCL.

В качестве основных направлений в области создания и планирования будущих установок ОИЯИ Ученый совет рассматривает:

— разработку проекта ИРЕН и начало его реализации;

— изучение возможностей создания международных коллабораций по проектам К4-К10 и с-т фабрики.

Ученый совет обратился с просьбой к Полномочным Представителям стран-участниц стабилизировать экономическую ситуацию своевременной уплатой долевых взносов в полном объеме. Совет обратился к Полномочному Представителю Российской Федерации с просьбой обеспечить постоянное индексирование взноса России с учетом инфляции.

Ученый совет считает важным условием успешного развития ОИЯИ расширение международного сотрудничества не только за счет многолетних традиционных связей со странами-участницами, но и с привлечением новых стран на основе членства, соглашений на правительственном уровне и договоров между научными центрами.

Отмечено успешное начало реализации образовательной программы ОИЯИ и поддержано ее дополнительное финансирование. Совет согласился с предложением дирекции организовать на базе существующего Учебно-научного центра ассоциацию Международный университет «Дубна».

Ученый совет принял к сведению доклады председателей научно-координационных советов Института. До предстоящего всестороннего обсуждения научных программ Ученый совет предложил дирекции принять необходимые меры для их своевременного выполнения, причем это относится как к принятию новых, так и к продлению сроков уже реализуемых проектов.

Был принят к сведению проект «Проблемно-тематического плана НИР и МНТС на 1994 год» для обсуждения на следующей сессии в качестве рабочего документа, который предполагается дополнить.

Ученый совет просил дирекцию Института представить предложения по полномочиям, составу и обязанностям будущих программных консультативных комитетов, которые должны заменить существующие научно-координационные советы в соответствии с дискуссией, состоявшейся на Ученом совете. До создания этих комитетов следует сохранить порядок работы научно-координационных советов.

Ученый совет просил дирекцию Института представить новый проект правил процедуры Ученого совета с учетом высказанных на сессии замечаний и предложений.

В связи с тяжелой финансовой ситуацией Ученый совет просил дирекцию регулярно

ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

КОМИТЕТ ПОЛНОМОЧНЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ

Н.А. Гулиев (Республика Азербайджан)
Г.А. Вартапетян (Республика Армения)
Н.М. Шумейко (Республика Беларусь)
Я. Янев (Республика Болгария)
Нгуен Ван Хыу (Социалистическая Республика Вьетнам)
Н.С. Амаглобели (Республика Грузия)
В.Н. Околович (Республика Казахстан)
Чэз Хак Гын (Корейская Народно-Демократическая Республика)
Д. Кодорньо (Республика Куба)

В.А. Москаленко (Республика Молдова)
Б. Чадраа (Монголия)
А. Хрынкевич (Республика Польша)
Б.Г. Салтыков (Российская Федерация)
Г. Паскович (Румыния)
С. Дубинича (Словацкая Республика)
Б.С. Юлдашев (Республика Узбекистан)
С.М. Рябенко (Украина)
Р. Мах (Чешская Республика)

Финансовый комитет

По одному представителю от каждой страны-участницы ОИЯИ

УЧЕНЫЙ СОВЕТ ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Председатель — В.Г. Кадышевский
Ученый секретарь — Н.А. Русакович

Н.С. Амаглобели	Республика Грузия	Ф. Латар	Франция	М. Пешашку	Румыния
У. Амаaldi	Италия	А.А. Логунов	Российская Федерация	Г. Пираджини	Италия
В. Андрейчев	Республика Болгария	В.А. Матвеев	Российская Федерация	Д. Сангаа	Монголия
Ц. Баатар	Монголия	М. Матеев	Республика Болгария	А.Н. Сисакян	Российская Федерация
С.Т. Беляев	Российская Федерация	Р. Мир-Касимов	Республика Азербайджан	Р. Сосновски	Республика Польша
Х. Бланко	Республика Куба	Л. Монтане	Швейцария	В.И. Стрижев	Республика Беларусь
В.Г. Веселого	Российская Федерация	В.А. Москаленко	Республика Молдова	А.Н. Тахелидзе	Республика Грузия
И. Вильгельм	Чешская Республика	Т.М. Муминов	Республика Узбекистан	Г. Триллин	США
И.Н. Вишневский	Украина	Нго Куок Бэу	Социалистическая Республика Вьетнам	А.Хрынкевич	Республика Польша
К. Детраз	Франция	В.Н. Околович	Республика Казахстан	Ш. Шаро	Словацкая Республика
Ф. Дидак	ФРГ	В.В. Папоян	Республика Армения	Х. Шоппер	ФРГ
Г.М. Зиновьев	Украина	Пак Хен Гю	Корейская Народно-Демократическая Республика	Н.М. Шумейко	Республика Беларусь
Н. Кроо	Венгерская Республика		Республика	Б.С. Юлдашев	Республика Узбекистан
Й. Ланик	Словацкая Республика			Е. Яник	Республика Польша

Научно-координационный совет ОИЯИ

по физике высоких энергий
Председатель — А.Н. Сисакян
Ученый секретарь — Р.Я. Зильбарнес

Научно-координационный совет ОИЯИ

по физике низких и промежуточных энергий
Председатель — Ц. Вьлов
Ученый секретарь — Н.К. Скобелев

Научно-координационный совет ОИЯИ

по теоретической физике
Председатель — Д.В. Ширков
Ученый секретарь — А.И. Вдовин

Научно-координационный совет ОИЯИ

по исследованию конденсированных сред ядерными методами
Председатель — Ц. Вьлов
Ученый секретарь — Е.И. Корнилов

Научно-координационный совет ОИЯИ

по единой технической политике
Председатель — А.Н. Сисакян
Ученый секретарь — Б.А. Шестаков

СТРУКТУРА ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

ДИРЕКЦИЯ

Директор В.Г.Кадышевский
Вице-директор А.Н.Сисакян
Вице-директор Ц.Волов
Административный директор А.И.Лебедев
Главный ученый секретарь Н.А.Русакович
Главный инженер В.П.Саранцев

Лаборатория теоретической физики

Лаборатория высоких энергий

Лаборатория ядерных проблем

Лаборатория ядерных реакций

Лаборатория нейтронной физики

Лаборатория вычислительной техники и автоматизации

Лаборатория сверхвысоких энергий

Общественные службы

Лаборатория теоретической физики

Директор Д.В.Ширков
Исследования:
- свойства симметрии элементарных частиц;
- структуры теории поля;
- взаимодействий элементарных частиц;
- теории атомного ядра;
- теории конденсированных состояний.

Лаборатория высоких энергий

Директор А.М.Балдин
Исследования:
- структуры нуклонов;
- сильных взаимодействий частиц;
- резонансных явлений во взаимодействиях частиц;
- электромагнитных взаимодействий;
- в области релятивистской ядерной физики;
- методов ускорения частиц.

Лаборатория ядерных проблем

Директор Н.А.Русакович
Исследования:
- сильных, слабых и электромагнитных взаимодействий частиц, структуры частиц;
- поиск новых частиц;
- структуры ядра;
- ядерно-спектроскопические; мезоатомных и мезомолекулярных процессов;
- методов ускорения частиц;
- радиобиологические.

Лаборатория ядерных реакций

Директор Ю.Ц.Оганесян
Исследования:
- свойства изотопов трансурановых элементов, синтез и поиск тяжелых и сверхтяжелых элементов;
- свойства ядер, удаленных от линии бета-стабильности; механизмы взаимодействия сложных ядер;
- поиск новых видов распада ядер;
- радиационного воздействия тяжелых ионов на различные материалы.

Лаборатория нейтронной физики

Директор В.Л.Аксенов
Исследования:
- ядер методами нейтронной спектроскопии; фундаментальных свойств нейтронов; атомной структуры и динамики твердых тел и жидкостей;
- высокотемпературной сверхпроводимости;
- реакций на легких ядрах.

Лаборатория вычислительной техники и автоматизации

Директор Р.Позе
Исследования:
- развитие и эксплуатация вычислительного комплекса;
- создание автоматических систем обработки снимков с трековых камер;
- развитие методов использования ЭВМ на линии с физическими установками;
- развитие и применение математических методов решения физических задач.

Лаборатория сверхвысоких энергий

Директор И.А.Савин
Исследования:
- проведение экспериментальных исследований на внешних ускорителях в области физики элементарных частиц, направленных на изучение их структуры и законов взаимодействия;

Общественные службы

Общественные и информационные отделы;
- административные подразделения;
- производственные подразделения.

Учебно-научный центр при ОИЯИ

разработка приборов и методов исследований элементарных частиц;
- разработку методов и систем до сверхвысоких энергий.

информировать руководителей групп и проектов о состоянии бюджета ОИЯИ.

В соответствии с рекомендацией Комиссии экспертов Ученый совет внес изменения в порядок выборов заместителей директоров лабораторий: «Предложения по кандидатурам на вакантные должности поступают председателю Ученого совета не позднее, чем за два месяца до выборов, от Полномочных Представителей стран-участниц, директора лаборатории, где имеется вакансия, членов Ученого совета, директора и вице-директоров ОИЯИ. Ученый совет обязан рассмотреть письменное или устное мнение директора лаборатории по кандидатурам его заместителей».

Ученый совет тайным голосованием избрал:

Н.А.Русаковича — директором Лаборатории ядерных проблем,

В.Л.Аксенова — директором Лаборатории нейтронной физики — каждого сроком на 5 лет;

И.Б.Иссинского и А.И.Малахова — заместителями директора Лаборатории высоких энергий,

М.Г.Иткиса и Ю.Э.Пенионжкевича — заместителями директора Лаборатории ядерных реакций — до окончания полномочий директоров соответствующих лабораторий.

Объявлены выборы на должности:

заместителей директора Лаборатории ядерных проблем (3 вакансии);

заместителей директора Лаборатории сверхвысоких энергий (3 вакансии);

заместителя директора Лаборатории ядерных реакций (1 вакансия);

заместителя директора Лаборатории высоких энергий (1 вакансия);

заместителей директора Лаборатории теоретической физики (2 вакансии).

Выборы должны состояться на 75 сессии Ученого совета.

ЗАСЕДАНИЕ ФИНАНСОВОГО КОМИТЕТА

Заседание Финансового комитета ОИЯИ состоялось в Дубне 16—17 февраля под председательством У.Якубозе (Республика Польша).

Финансовый комитет заслушал доклад директора ОИЯИ члена-корреспондента РАН В.Г.Кадышевского о программе развития ОИЯИ и первых шагах по ее реализации, направленных на концентрацию ресурсов Института в приоритетных областях и повышение эффективности главных направлений деятельности ОИЯИ.

Финансовый комитет одобрил работу Контрольной комиссии и рекомендовал Комитету Полномочных Представителей утвердить отчет ОИЯИ за 1991 год.

Финансовый комитет рекомендовал Комитету Полномочных Представителей принять к сведению информацию дирекции Института об исполнении бюджета ОИЯИ за 1992 год и утвердить скорректированную шкалу долевых взносов за 1992 год. Одобрить предложенные дирекцией принципы формирования бюджета на

1993 год и поручить дирекции Института подготовить материалы по проекту бюджета на 1993 год с общей суммой расходов 22 млн долларов США на утверждение мартовской сессией КПП. Утвердить долевые взносы на 1993 год, согласиться с контрольными цифрами по бюджету на 1994 год в размере 26 млн долларов США.

В связи с прекращением членства в ОИЯИ Венгерской Республики (с 1.01.93) была создана рабочая группа для определения размера денежной компенсации ВР.

Финансовый комитет одобрил новые принципы подхода к организации и порядку финансирования научных направлений, тем и проектов, поддержал решение Ученого совета о введении с марта 1993 г. внутренних субсчетов по научным направлениям, темам и проектам.

Финансовый комитет согласился с представленным дирекцией перечнем нормативных документов ОИЯИ и рекомендовал их на утверждение КПП.

СЕССИИ НАУЧНО-КООРДИНАЦИОННЫХ СОВЕТОВ

11 января состоялась 6 сессия Научно-координационного совета по теоретической физике.

Научно-координационный совет заслушал несколько информационных докладов: о выпол-

нении решений 5 сессии, о решениях КПП, Ученого совета и Финансового комитета ОИЯИ в 1992 году; о подготовке к очередной аттестации сотрудников ЛТФ и о международном сотрудничестве ЛТФ в 1992 году. В результате состояв-

шегося обсуждения НКС счел необходимым обратиться к дирекции ОИЯИ с несколькими предложениями, касающимися финансовой деятельности. Были высказаны пожелания о введении в 1993 г. субсчетов лабораторий и тем, о регулярном информировании лабораторий о текущем распределении финансирования и о первоочередном валютном финансировании подписки на научные журналы в 1993 году.

НКС констатировал успешное развитие международных связей ЛТФ в минувшем году и особо отметил первые заметные успехи в реализации программы «Гейзенберг — Ландау» по теоретической физике. НКС предложил дирекции ЛТФ изыскать возможности для оплаты части транспортных расходов ученых из стран-участниц ОИЯИ на визиты в ЛТФ.

НКС выразил пожелание, чтобы работа над тематическим планом ЛТФ на 1994 год была начата заблаговременно с обеспечением возможности рассмотрения всех предложений в план по разделу «Теоретическая физика» на следующей сессии НКС.

Сессия НКС проходила в день 85-летия Д.И.Блохинцева, первого директора ОИЯИ. Вечернее заседание сессии было посвящено его памяти. К участникам заседания обратился директор ОИЯИ В.Г.Кадышевский. С докладом «Памяти Д.И.Блохинцева» выступил профессор Б.М.Барбашов. Были заслушаны доклады по ряду направлений научных работ, которые ведутся в ЛТФ в настоящее время.

8 сессия Научно-координационного совета по физике высоких энергий, 8—9 апреля.

НКС заслушал отчет председателя о выполнении решений предыдущей сессии, а также сообщения о работе КПП, Ученого совета, Финансового комитета ОИЯИ в 1993 году и о международном сотрудничестве ОИЯИ в области физики высоких энергий.

В связи с успешным ходом выполнения экспериментальных программ Института на ускорительных комплексах ЛВЭ ОИЯИ, ИФВЭ, а также ЦЕРН, исследовательских центров США и других ускорительных лабораторий мира НКС отметил высокую значимость и актуальность этих программ и обратился с просьбой к дирекции и руководящим органам Института об увеличении финансово-материальной поддержки исследований по физике высоких энергий и элементарных частиц.

НКС отметил в своих решениях, что пусковой объем работ по новому сверхпроводящему ускорителю релятивистских ядер — нуклотрону выполнен в срок. Этот результат является крупным научно-техническим достижением и имеет важ-

ное значение для развития собственной исследовательской базы ОИЯИ.

НКС рекомендовал дирекции оказать всемерное содействие ЛВЭ в адаптации ускорителя к началу работы для физических экспериментов на внутренней мишени.

По результатам, полученным в поляризационных экспериментах на ускорительном комплексе ЛВЭ, члены НКС рекомендовали поддерживать дальнейшую реализацию программы.

В связи с отчетом по разработке, созданию и исследованию отдельных систем УНК ИФВЭ НКС отметил высокий уровень разработок, проводимых сотрудниками ЛСВЭ в этой области техники, в особенности по системе диагностики сверхпроводящих магнитов, криостатируемых двухфазным гелием, и по практическому применению сверхтекучего гелия в сверхпроводящих ускорителях.

По отчету о деятельности СНЭО ОИЯИ НКС отметил хороший уровень организационных работ на установках ОИЯИ. Вместе с тем члены НКС обратились к дирекции ОИЯИ с ходатайством о продолжении работы по укреплению статуса СНЭО. НКС считает необходимым принять меры по обеспечению СНЭО современной базовой ЭВМ.

На сессии были заслушаны работы, представляемые сотрудниками Института на Международную европейскую конференцию по физике высоких энергий (Марсель, Франция, июль 1993 г.).

Члены НКС заслушали информацию о состоянии дел с сетевым обеспечением в ОИЯИ и рекомендовали дирекции Института обеспечить централизованное финансирование для второй очереди сети ETHERNET.

НКС принял к сведению информацию о новом порядке организации и финансирования тем и проектов в Институте, поддержал его и просил дирекцию ОИЯИ вводить его постепенно, начиная с текущего года.

6 сессия Научно-координационного совета по единой технической политике, 15 апреля.

На сессии были заслушаны информация о решениях 73 сессии Ученого совета, Финансового комитета, совещания КПП и отчет о выполнении решений предыдущей сессии. НКС принял информацию к сведению.

НКС счел целесообразным сохранение, в основном, действующей системы проведения НКС по направлениям, включая НКС по единой технической политике, с обязательным рассмотрением на нем проектов базовых установок ОИЯИ.

НКС заслушал доклады о некоторых прикладных исследованиях, проводимых в Инсти-



Заседание Научно-технического совета ОИЯИ

туте: «Графическая компьютерная станция со скоростными средствами диалога в прикладных задачах», «Лучевая терапия на пучках фазотрона», «Радионуклиды для ядерной медицины», «Координатные детекторы радиоактивного излучения» и «Магниторезонансный томограф». НКС рекомендовал дирекциям лабораторий и ОИЯИ оказывать поддержку этим работам.

При обсуждении доклада о проекте информационного обеспечения Объединенного института НКС одобрил направление этих работ и рекомендовал ЛВТА подготовить и оформить проект для рассмотрения вопроса об открытии соответствующей общеинститутской темы первого приоритета.

НКС отметил, что пройден важный этап ввода в действие нуклотрона: кольцо полностью охлаждено до температуры жидкого гелия, инжектирован и проведен по всему периметру пучок. Дирекции ОИЯИ было рекомендовано поддержать работы по дальнейшему запуску нуклотрона для физических экспериментов на внутренней мишени.

Отмечено успешное выполнение в запланированный срок комплекса работ по освоению циклотрона У-400М, завершению первого этапа ввода в эксплуатацию установки ФОБОС и проведению на ней первых экспериментов. НКС рекомендовал дирекции ОИЯИ поддержать усилия, направленные на полное освоение У-400М, окончательную доработку его экспериментального комплекса.

8 сессия Научно-координационного совета по физике низких и промежуточных энергий, 22—24 апреля.

На сессии были заслушаны отчет председателя и информация о решениях совещания КПП, Ученого совета и Финансового комитета в 1993 году. В рамках НКС работали секции по трем направлениям: по ядерной физике на импульсных источниках нейтронов, по физике тяжелых ионов и по физике промежуточных энергий.

НКС отметил тяжелое финансовое положение с обеспечением первоочередных экспериментов по всем направлениям, просил Ученый совет и дирекцию ОИЯИ приложить дополнительные усилия по стабилизации экономической ситуации в ОИЯИ. НКС поддержал предложения по организации и порядку финансирования направлений, тем и проектов и обратился с просьбой к дирекции Института реализовывать их постепенно, начиная с 1993 года.

На сессии был заслушан доклад о первых экспериментах на установке ФОБОС. НКС отметил необходимость развития базового ускорительного комплекса У-400+У-400М и работ по созданию ECR-источника для получения рекордных параметров пучков стабильных и радиоактивных ядер низких и средних энергий.

НКС рассмотрел состояние работ по проекту ИРЕН и обратился к дирекциям ЛНФ и ОИЯИ с просьбой взять под контроль реализацию этого проекта и представить к следующей сессии НКС оценки стоимости проекта, график проектных работ и поэтапного финансирования.

Заслушав доклад по проекту накопительного комплекса тяжелых ионов K4-K10, НКС одобрил программу исследований по получению мощных импульсных пучков ионов на данном комплексе.

Рассмотрев вопрос о проекте с-т фабрики в ОИЯИ, НКС одобрил деятельность по разработке проекта и организации международной коллаборации в его рамках.

На заседаниях секций НКС по направлениям были заслушаны отчеты о статусе базовых установок, о программах физических исследований по каждому направлению, о финансировании первоочередных экспериментов в 1993 году.

Заслушаны научные доклады и информация о сотрудничестве ЛЯП ОИЯИ с центрами PSI (Швейцария) и SATURNE (Франция). Учитывая важность полученных результатов по проблеме мю-катализа и высокую перспективность этих исследований, НКС рекомендовал дальнейшее их развитие на фазотроне ОИЯИ на основе широкой международной коллаборации с привлечением источников финансирования.

С учетом рекомендаций секций по направлениям НКС выработал предложения в проблемно-тематический план ОИЯИ на 1994 год и ближайшие 3 года. НКС поддержал также дальнейшее развитие работ по поиску редких распадов мюона и пиона на фазотроне ОИЯИ, рекомендовал дирекциям ЛЯП и ОИЯИ обеспечить работу фазотрона на уровне 300 часов с финансированием из стабилизационного фонда и других источников. НКС поддержал предложение дирекции ЛЯР об открытии с 1994 г. новой темы: «Синтез и исследование свойств тяжелых ядер».

8 сессия Научно-координационного совета по исследованию конденсированных сред ядерными методами. 27—28 апреля.

На сессии были заслушаны отчет председателя НКС о выполнении решений 7 сессии и информация о решениях совещания КПП, Ученого совета и Финансового комитета в 1993 году. НКС отметил, что финансирование тем первого приоритета в 1992 году не было обеспечено в полном объеме.

На данной сессии заседания НКС проводились по двум секциям: «Ядерная физика конденсированных сред» и «Исследования по радиобиологии на ускорителях и реакторах ОИЯИ». Работа этих секций проходила совместно с заседаниями Комиссии Российской Академии наук по исследованию конденсированных сред методами ядерной физики и Научного совета РАН по проблеме «Радиобиология» соответственно.

НКС поддержал организацию работы НКС по секциям и рекомендовал Ученому совету и дирекции ОИЯИ организовать временные программные комитеты по научным направлениям из

авторитетных специалистов, разработать положение о программных комитетах и определить их состав.

По докладу директора ЛНФ В.Л.Аксенова НКС отметил актуальность исследований по физике конденсированных сред, проводимых на базовых установках ОИЯИ, а также высокую значимость полученных результатов. Учитывая большую заинтересованность физиков из стран-участниц в реализации программ по физике конденсированных сред, НКС обратился к дирекции и руководящим органам ОИЯИ с просьбой об увеличении финансово-материальной и ресурсной поддержки этого направления. НКС предложил завершаемые темы «Активационный анализ и радиационные исследования на ИБР-2» и «Исследование конденсированных сред с помощью рассеяния нейтронов» продлить на 5 лет.

Было заслушано 4 научных доклада по тематике НКС. Отмечен высокий уровень исследований, проводимых с помощью нейтронов (ЛНФ), SR-методом (ЛЯП), по физике радиационных повреждений на пучках тяжелых ионов (ЛЯР). НКС обратился к дирекции ОИЯИ с просьбой оказать целевую финансовую поддержку из резерва дирекции ОИЯИ в проведении в 1993 году мюонных исследований на фазотроне ЛЯП.

В связи с расширением работ по физике радиационных повреждений НКС предложил Ученому совету ОИЯИ утвердить новое название темы в следующей формулировке: «Исследование процессов взаимодействия тяжелых ионов с конденсированными средами. Радиоаналитические и радиоизотопные исследования на ускорителях ЛЯР».

НКС отметил важность исследований с помощью синхротронного излучения, проведенных в ЛСВЭ, и обратился к дирекции ЛСВЭ с просьбой поддержать это направление и оказать помощь в оснащении установки вычислительной техникой.

НКС заслушал и принял «Концепцию развития базы для исследований с помощью нейтронов в России», решив представить ее на рассмотрение РАН, АН ВШ, Миннауки и Минатома РФ, ГК по высшему образованию в качестве основы для создания целевой программы России «Исследования с помощью нейтронов».

НКС выразил благодарность Комиссии РАН по исследованию конденсированных сред методами ядерной физики и Научному совету РАН по проблеме «Радиобиология» за участие в обсуждениях, представленные доклады и полезные предложения по организации исследований.

НКС выразил благодарность А.Б.Кунченко за работу в качестве ученого секретаря НКС и избрал ученым секретарем НКС кандидата физико-математических наук Е.И.Корнилова.

Заседание оргкомитета Программно-консультативного комитета по физике высоких энергий, 16—17 ноября. Председатель — профессор А.Н.Сисакян.

В соответствии с решениями 74 сессии Ученого совета ОИЯИ оргкомитет Программно-консультативного комитета (ПКК) по физике высоких энергий, сформированный дирекцией ОИЯИ из числа специалистов-экспертов, рассмотрел следующие вопросы: научную программу Института в области физики частиц и высоких энергий (итоги 1993 г. и планы на 1994 г.); сотрудничество ОИЯИ с ИФВЭ, ЦЕРН и другими крупными физическими центрами в области физики высоких энергий; полномочия, обязанности, процедурные вопросы вновь создаваемых программных консультативных комитетов и рекомендации по их составу.

Заседание открыл профессор А.Н.Сисакян, проинформировавший участников организационного комитета о решениях 8 сессии НКС, 74 сессии Ученого совета и деятельности дирекции Института по дальнейшему развитию международного сотрудничества в области физики высоких энергий.

Руководители ЛВЭ, ЛСВЭ и ЛЯП доложили собравшимся о научных программах лабораторий, выполненных в 1993 году, и о планах работ на 1994 год.

Оргкомитет ПКК отметил, что в условиях финансово-экономических затруднений достигнуты весьма значительные результаты при реализации научных программ, выполняемых на базе ОИЯИ совместно с ИФВЭ, ЦЕРН, SSCL и другими научными центрами.

Оргкомитет ПКК одобрил проект научной программы на ускорителе нуклотрон, отчеты лабораторий по работам первого приоритета за 1993 год и проект проблемно-тематического плана Института по физике высоких энергий на 1994 г.

Комитет рекомендовал продолжить концентрацию усилий на участии в программах по физике частиц на нуклотроне ОИЯИ, ускорителях ИФВЭ, ЦЕРН и счел целесообразным поддержать участие физиков ОИЯИ в экспериментах ГЕРМЕС, Н-1 (DESY, Германия) и СТАР (RHIC, США).

Организационный комитет по формированию ПКК одобрил проект «Положения о ПКК ОИЯИ» с учетом высказанных поправок и замечаний, рекомендовал представить этот вариант проекта для обсуждения в комитетах по организации ПКК других научных направлений в ОИЯИ и дал свои

предложения о составе будущего ПКК по физике высоких энергий.

Заседание оргкомитета Программно-консультативного комитета по физике низких и промежуточных энергий, 18—19 ноября. Председатель — профессор Ц.Вылов.

Организационный комитет Программно-консультативного комитета (ПКК) ОИЯИ по физике низких и промежуточных энергий был сформирован дирекцией в соответствии с решениями 74 сессии Ученого совета из числа экспертов-специалистов по данной тематике.

На заседаниях оргкомитета был заслушан отчет председателя о деятельности научно-координационных советов за весь период их существования и информация о решениях 74 сессии Ученого совета ОИЯИ. На заседании была также дана информация о международном сотрудничестве ОИЯИ в области физики низких и промежуточных энергий.

Оргкомитету была представлена научная программа Института в области физики тяжелых ионов, физики низких и промежуточных энергий и ядерной физики на импульсных источниках нейтронов. Оргкомитет одобрил отчеты по реализации научной программы в 1993 г по всем трем направлениям и отметил, что, несмотря на финансовые затруднения, в ОИЯИ реализована значительная часть этой программы. Организационный комитет рекомендовал дирекции ОИЯИ и дирекциям лабораторий сосредоточить усилия на реализации планов первоочередных экспериментов и оказать максимальную поддержку в финансировании тем первого приоритета, в соответствии с этим подготовить проект ПТП на 1994 год для представления Ученому совету ОИЯИ.

Оргкомитет отметил успешное проведение первых экспериментов на пучке У-400М с использованием установки ФОБОС и с интересом заслушал информацию о состоянии дел с вводом в строй нуклотрона.

Заслушав информацию о перспективах развития собственной экспериментальной базы ОИЯИ для научных исследований и о ведущихся дальнейших проработках проектов базовых установок: мощного источника резонансных нейтронов ИРЕН, с-тау фабрики и накопительного комплекса тяжелых ионов К4-К10, оргкомитет подчеркнул, что эти проекты должны быть детально рассмотрены ПКК на первой же его сессии.

Для эффективного проведения работ по созданию и совершенствованию базовых установок и реализации крупных экспериментальных проектов оргкомитет просил дирекцию ОИЯИ рас-

смотреть вопрос о создании на базе Опытного производства ОИЯИ научно-технологического подразделения Института, оснащенного современным оборудованием.

На сессии оргкомитета был рассмотрен проект «Положения о ПКК ОИЯИ», представленный дирекцией ОИЯИ. В соответствии с проведенными обсуждениями оргкомитет рекомендовал образовать в рамках ПКК по физике низких и промежуточных энергий три секции: по физике тяжелых ионов, физике низких и промежуточных энергий и ядерной физике на импульсных источниках нейтронов; внести соответствующие изменения в проект «Положения о ПКК ОИЯИ».

Оргкомитет рекомендовал также дирекции ОИЯИ учесть предложения по составу ПКК, высказанные членами оргкомитета, для представления на утверждение Ученому совету ОИЯИ.

Заседание оргкомитета Программно-консультативного комитета по базовым установкам и единой технической политике, 26 ноября. Председатель — профессор А.Н.Сисакян.

Был заслушан отчет А.Н.Сисакяна о выполнении решений 6 сессии НКС по единой технической политике и информация о решениях 74 сессии Ученого совета ОИЯИ.

С докладом о научно-технической политике ЦЕРН и проблемам сотрудничества ЦЕРН — ОИЯИ выступил руководитель отдела пользователей ЦЕРН доктор Н.Кульберг. Плодотворному сотрудничеству ОИЯИ с ЦЕРН и другими научными центрами в области создания детекторов частиц был посвящен доклад профессора И.А.Голутвина. Подтверждение высокого профессионального уровня специалистов-ускорительщиков ОИЯИ нашло отражение в докладе И.Н.Иванова о состоянии дел по разработке ускорительных систем для УНК и ЛНС.

Заслушав отчеты о сооружаемых и проектируемых в 1993 году базовых установках, оргкомитет одобрил их и отметил ввод в действие ускорителя нуклотрон и проведение первых экспериментов на У-400М с использованием установки ФОБОС, а также дальнейшую проработку проектов мощного источника резонансных нейтронов ИРЕН, s - t фабрики и накопительного комплекса тяжелых ионов К4-К10, проект информационного обеспечения ОИЯИ. Вместе с тем было отмечено, что успешному созданию новых установок и развитию инфраструктуры препятствует недостаточное финансирование Института.

В рамках заседания оргкомитета впервые в ОИЯИ состоялась встреча «за круглым столом» с участием представителей научно-технологических центров и промышленных предприятий Дубны, Московской области, других городов. Было отмечено, что на основе значительного опыта

ОИЯИ в международном научно-техническом сотрудничестве можно взаимовыгодно использовать высокий потенциал научно-технологических центров и промышленных предприятий в создании наукоемкой продукции.

Оргкомитет рекомендовал Ученому совету образовать рабочую группу специалистов для ознакомления с уровнем и возможностями других институтов и промышленных предприятий с целью выяснения их возможного участия в создании совместно с ОИЯИ новых крупных физических установок с применением новейших технологий.

Оргкомитет одобрил проект «Положения о ПКК ОИЯИ», уточнив направление деятельности данного ПКК в области развития и создания в ОИЯИ новых базовых и крупных экспериментальных установок, а также по развитию общепитутских методических исследований.

Организационный комитет одобрил предложения в проект проблемно-тематического плана ОИЯИ на 1994 год, рекомендовал открыть тему 1-го приоритета по информационному обеспечению. Уточнить, после окончания формирования ПКК, процедуру экспертизы и утверждения проектов и тем в Институте, рассмотреть предложение по проведению в 1994 году рабочего совещания «Ускорители и детекторы физики высоких энергий и промышленность».

Заседание оргкомитета Программно-консультативного комитета по исследованию конденсированных сред ядерными методами. 30 ноября — 1 декабря. Председатель — профессор Ц.Вылов.

В соответствии с решением 74 сессии Ученого совета оргкомитет Программно-консультативного комитета (ПКК) ОИЯИ по исследованию конденсированных сред ядерными методами, сформированный дирекцией ОИЯИ из числа специалистов-экспертов, рассмотрел следующие вопросы: научную программу Института в области физики конденсированных сред (итоги 1993 года и планы на 1994 год); международное сотрудничество ОИЯИ в области физики конденсированных сред; статус, полномочия, круг обязанностей, процедуру работы и рекомендации по составу программно-консультативных комитетов.

Оргкомитет рекомендовал образовать в рамках ПКК по исследованию конденсированных сред ядерными методами три секции: «Нейтронные исследования конденсированных сред»; «Радиационная физика»; «Радиационная биология».

Оргкомитет ПКК отметил, что, несмотря на финансово-экономические затруднения в ОИЯИ, реализована большая часть научной программы в

соответствующих областях исследований. Отмечена высокая научная и практическая значимость результатов, полученных в ОИЯИ по тематике комитета. В области физики конденсированных сред, радиационных исследований, радиационной биофизики и радиобиологии проведен ряд приоритетных исследований, представляющих интерес для мировой научной общественности.

Оргкомитет одобрил отчеты о реализации научной программы в 1993 году по всем трем направлениям и рекомендовал дирекции ОИЯИ и дирекциям лабораторий сосредоточить усилия на реализации планов первоочередных экспериментов и оказать максимальную поддержку в финансировании тем первого приоритета.

Для эффективного проведения работ по созданию и совершенствованию базовых установок и реализации крупных экспериментальных проектов оргкомитет просил дирекцию ОИЯИ рассмотреть вопрос о возможности образования на базе Опытного производства Института научно-технологического подразделения, оснащенного современным оборудованием.

Оргкомитет обратил внимание дирекции ОИЯИ на весьма низкий уровень бюджетного финансирования ряда важных исследований по радиационным, радиоаналитическим и радиоизотопным проблемам на пучках тяжелых ионов в ЛЯР. •

Оргкомитет дал специальные рекомендации в области нейтронной спектроскопии: считая, что реактор ИБР-2 является уникальным инструментом и наиболее современным источником нейтронов в мире и что метод рассеяния нейтронов становится интересным для ученых и специалистов разных стран, отдать высший приоритет во внутренней политике ОИЯИ обеспечению бесперебойной работы реактора ИБР-2 и принятию мер по его модернизации; поддержать работы по созданию источника холодных нейтронов.

Оргкомитет отметил, что если финансовые затруднения в ОИЯИ будут оставаться на нынешнем уровне, никакие новые проекты не должны рассматриваться. В то же время ЛНФ должна завершить работы по спектрометру РЕФЛЕКС на втором пучке ИБР-2, а спектрометр ДН-12 снабдить новыми детекторными кольцами и переместить в более выгодную позицию. Оргкомитет рекомендовал включить доклады по состоянию дел на этих установках в программу первой регулярной сессии ПКК.

Оргкомитет подчеркнул свой интерес к образовательной программе ОИЯИ, рекомендовал дирекции Института учесть предложения по составу ПКК, высказанные на заседании.

Заседание оргкомитета Программно-консультативного комитета по теоретической физике, 2—3 декабря. Председатель — член-корреспондент РАН Д.В.Ширков.

В состав оргкомитета, образованного дирекцией ОИЯИ в соответствии с решением 74 сессии Ученого совета, были включены 16 известных физиков-теоретиков из Австрии, Армении, Германии, Италии, Польши, России, Украины, Франции, ЦЕРН и ОИЯИ.

В первый день заседаний членам оргкомитета были представлены сжатые обзоры основных направлений исследований, ведущихся в ЛТФ, проект СПЕКТР и программа «Гейзенберг — Ландау» по теоретической физике. Для участников заседания оргкомитета была организована короткая экскурсия по Лаборатории теоретической физики с тем, чтобы показать компьютерный центр лаборатории и сеть персональных компьютеров СПЕКТР.

Второй день заседаний был посвящен организационным вопросам. Дискуссия развернулась при обсуждении проекта «Положения о программных консультативных комитетах Объединенного института ядерных исследований». Члены оргкомитета пришли к общему мнению, что число членов ПКК должно быть невелико, а члены ПКК от ОИЯИ должны иметь только совещательный голос. Было также высказано пожелание, чтобы председатель ПКК избирался членами ПКК и не был сотрудником ОИЯИ.

По итогам работы принято заявление, в котором выражена поддержка планируемым в ЛТФ исследованиям по темам «Поля и частицы», «Теория ядра, многочастичные системы и ядерная динамика», «Теория конденсированных сред» и проекту СПЕКТР, а также обращение к дирекции и Ученому совету ОИЯИ с просьбой максимально поддержать эти исследования. Кроме того, оргкомитет предложил свою редакцию некоторых пунктов «Положения о ПКК ОИЯИ» и рекомендовал будущему ПКК по теоретической физике начать свою работу с детального анализа на своих сессиях всех ведущихся в ЛТФ теоретических исследований.

ПРЕМИИ

Премии имени Г.Н.Флерова присуждены:

за цикл работ «Реакции глубоконеупругих передач — новый класс ядерных реакции между сложными ядрами» доктору физико-математических наук В.В.Волкову;

за большой вклад в развитие исследований в области физики тяжелых ионов, включая проблему синтеза трансурановых элементов, дополнительная премия — члену-корреспонденту РАН Ю.Ц.Оганесяну.

ПРЕМИИ ОИЯИ

ПО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИМ ТЕОРЕТИЧЕСКИМ РАБОТАМ

Две первые премии

«Новые работы по теории относительности и ее применению».

Автор: Н.А.Черников.

«Парастатистики частиц и параквантование полей».

Автор: А.Б.Говорков.

ПО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИМ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ РАБОТАМ

Первая премия

«Обнаружение и исследование сверхвозбужденных атомов в медленных столкновениях высокозарядных ионов с поверхностью твердого тела».

Авторы: Е.Д.Донец, В.Вагнер, В.Г.Дудников, В.Б.Дунин, С.В.Карташов, В.П.Овсянников, Г.А.Тутин.

Две вторые премии

«Исследование процессов образования мюонных пар при взаимодействии пионов с энергией 38 ГэВ с ядрами углерода на установке РИСК ОИЯИ».

Авторы: А.В.Банников, З.В.Крумштейн, В.И.Петрухин, Н.Н.Хованский, Г.А.Шелков, А.К.Джавришвили, Т.А.Ломтадзе, Я.Бэм, К.Пишка, П.Завада.



Лауреат премии им. Г.Н.Флерова доктор физико-математических наук В.В.Волков

«Поиск «прямых» нейтрино, легких бозонов Хиггса и тяжелых нейтрино в протонном beam-dump эксперименте на нейтринном детекторе ИФВЭ — ОИЯИ».

Авторы: Л.С.Барабаш, Ю.А.Батусов, С.А.Бунятов, В.Ю.Валуев, М.Ю.Казаринов, О.Л.Климов, В.В.Люков, Ю.А.Нефедьев, Б.А.Попов, В.И.Снятков.

ПО НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИМ И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИМ РАБОТАМ

Первая премия

«Светоиндуцированный дрейф атомов как экспериментальный метод в резонансной лазер-

ной спектроскопии и разделении радиоактивных изотопов».

Авторы: Ю.П.Гангрский, Ч.Градечны, И.М.Ермолаев, С.Г.Земляной, П.Зузаан, Б.Н.Марков, Г.В.Мышинский, Я.Словак, Т.Тетгал, А.М.Шалагин.

Две вторые премии

«ФОБОС — 4л-детектор множественных продуктов ядерных реакций с тяжелыми ионами. Разработка системы детекторов».

Авторы: М.Андраши, В.Вагнер, В.М.Васько, Х.-Г.Ортлепп, Ю.Э.Пенионжкевич, Г.Ренц, О.В.Стрекаловский, А.С.Фомичев, К.-Х.Хербах, Г.Г.Чубарян.

«Широкоапертурный поляриметр для измерения векторной поляризации частиц высокой энергии».

Авторы: Ю.Т.Борзунов, Л.Б.Голованов, И.А.Голутвин, А.В.Зарубин, Л.С.Золин, В.В.Перелыгин, В.А.Свиридов, Д.А.Смолин, Л.Н.Струнов, А.П.Цвинев.

ПО НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИМ ПРИКЛАДНЫМ РАБОТАМ

Первая премия

«Нейтронографический текстурный анализ и задачи геофизики».

Авторы: К.Вальтер, Н.Н.Исаков, А.Н.Никитин, Д.И.Николаев, Й.Хайнитц, К.Уллемайер.

Вторая премия

«Исследование процессов формирования и химического травления треков в полипропилене и разработка трековых мембран на основе полипропилена».

Авторы: В.А.Алтынов, П.Ю.Апель, Л.И.Кравец, В.И.Кузнецов, О.Г.Орелович.

Поощрительные премии

«Исследование мультифрагментации при взаимодействии релятивистских ядер ${}^4\text{He}$ с Au с помощью 4л-установки ФАЗА».

Авторы: С.П.Авдеев, В.А.Карнаухов, В.Карч, В.Д.Кузнецов, Л.А.Петров, О.В.Бочкарев, Е.А.Кузьмин, Л.В.Чулков, Г.Б.Яньков.

«Систематическое исследование на фазотроне ЛЯП ОИЯИ глубин проникновения магнитного поля в высокотемпературные сверхпроводники μSR -методом».

Авторы: В.Г.Гребинник, В.Н.Дугинов, В.А.Жуков, А.Б.Лазарев, В.Г.Ольшевский, В.Ю.Помякушин, С.Н.Шилов.

«Аналитические методы в теории лазеров. Использование ЛСЭ для создания фотонного коллайдера».

Авторы: Е.Л.Салдин, В.П.Саранцев, Е.А.Шнейдмиллер, М.В.Юрков.

**НАУЧНО-
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ
РАБОТЫ,
ВЫПОЛНЕННЫЕ
ЛАБОРАТОРИЯМИ ОИЯИ
В 1993 ГОДУ**



ЛАБОРАТОРИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ ИМ. Н.Н.БОГОЛЮБОВА

В 1993 году в лаборатории проводились исследования в области квантовой теории поля, теории элементарных частиц, математической физики, теории атомного ядра, ядерных реакций, релятивистской ядерной физики, теории конденсированных сред. Продолжались работы по

созданию сети персональных компьютеров. В Проблемно-тематический план ОИЯИ эти исследования входили в направление «теоретическая физика» в виде двух тем. Сотрудники лаборатории участвовали также в работах по шести темам других направлений.

ПОЛЯ И ЧАСТИЦЫ

В исследованиях по квантовой теории поля и симметриям фундаментальных взаимодействий акцент был сделан на развитие различных непertурбативных методов, приложений и обобщений суперсимметрии, квантовых групп, теории струн.

Построена новая абелева калибровочная теория, включающая антисимметричные тензорные поля материи. Произведено квантование свободных полей этого типа, и рассчитаны ренормгрупповые функции. Обнаружено, что поперечные свободные волны обладают нулевой энергией, а аксиально-векторное абелево калибровочное взаимодействие имеет асимптотически свободное поведение в однопетлевом приближении [1].

Разработан новый непertурбативный метод — вариационная теория возмущений — в квантовой теории поля. Для скалярных теорий показано, что существует такой способ построения вариационного функционала, который приводит к сходящемуся ряду теории возмущений при любых значениях константы связи. Развита непertурбативная методика реализации процедуры перенормировки, и вычислены ренормгрупповые функции, хорошо согласующиеся с известными пертурбативными расчетами [2].

Предложена модель топологической гравитации в рамках подхода Римана — Картана в размерности $D = 2,4k$. Исследованы классические решения и квантование модели в $D = 2$. Найдено точное общее классическое решение типа черной дыры в двумерной теории [3].

Показано, что квантование гравитации в редуцированном пространстве устраняет неоднозначность дираковского квантования и его физической интерпретации. В частности, в квантовой космологии этот подход ведет к описанию эволюции Вселенной как коллективного возбуждения метрики, где временем эволюции является производная по энергии от редуцированного действия [4].

Изучены свойства эффективного потенциала в скалярной теории в пространстве де Ситтера при конечной температуре. Установлено, что спонтанно нарушенная дискретная симметрия восстанавливается при температуре Хокинга, если кривизна пространства достаточно велика. Показано, что на поверхности бифуркации горизонта появляются дополнительные расходимости, что приводит к зависимости конформной аномалии от температуры [5].

В релятивистской теории тяготения с двумя аффинными связностями точно решены задачи о внешнем гравитационном поле сосредоточенной массы, о движении перигелия планеты и отклонении луча света в этом поле [6].

Доказана невозможность нарушения ферми-и бозе-статистик в рамках нелокальной теории, рассматриваемой как предел теории конечных параферми- или парабозе-статистик при стремлении их порядков к бесконечности [7].

На основе нелинейных реализаций W -алгебр и супералгебр построены новые интегрируемые иерархии: иерархия $N = 2$ суперсимметричных уравнений Буссинеска и $N = 4$ супериерархия



Кортевега — де Вриса. Обнаружен и исследован еще один новый класс суперсимметричных интегрируемых систем: $N = 2$ суперрасширения аффинных конформных моделей Тода [8].

В рамках твисторно-гармонического подхода обнаружено, что суперсимметричные самодуальные теории имеют структуру «матрешки»: решения уравнений с более высокой суперсимметрией задаются решениями уравнений с более низкой суперсимметрией и, в конечном счете, общим аналитическим гармоническим препотенциалом бозонного сектора. Это наблюдение дает эффективный способ построения явных решений суперсимметричных самодуальных уравнений [9]. Предложена твистороподобная суперполевая формулировка суперструн типа II с гетеротическими $(2,0)$ - и $(4,0)$ -суперсимметриями на мировом листе. Показано ее классическое соответствие обычному описанию. Интересной отличительной особенностью новой формулировки является то, что твисторные переменные берут на себя роль супергравитационного мультиплет на мировом листе, так что не возникает необходимости в его независимом введении [10].

Изучены геометрия супермногообразий с нечетными скобками Пуассона (антискобками) и ее приложения: а) к методу квантования Баталина — Вилковыского (БВ); б) к точному вычислению интегралов по путям; в) к построению суперсимметричных механик. Выяснен геометрический смысл процедуры БВ-квантования [11].

Интересные результаты получены при исследовании новых квантовых симметрий. Разработан систематический метод построения алгебр инвариантных векторных полей и дифференциальных форм на матричных квантовых группах [12]. На основе этого метода проведена

классификация всех возможных внешних алгебр инвариантных форм для квантовой группы $GL_q(N)$ [13]. Предложен и апробирован метод построения квазитреугольных алгебр Хопфа (квантовых групп) типа «квантовый дубль», исходя из матричных решений уравнения Янга — Бакстера. Найден новый нестандартный пример квантовой группы, являющийся решением задачи квантования алгебры Ли вида $[h, x] = 2x$ [14].

Изучены параграссмановы алгебры как естественные обобщения грассмановых алгебр. Приведена общая конструкция параграссмановых алгебр от N переменных для произвольного N [15]. Показано, что при значениях показателя нильпотентности $p + 1 = 3, 4, 6$ эти алгебры почти столь же просты, как обычная алгебра Грассмана (где $p + 1 = 2$). Построен также общий алгоритм получения алгебр с произвольными p и N . Показано, однако, что этот алгоритм не исчерпывает всех возможных алгебр, и приведен пример простейшей «исключительной» алгебры при $p = 4$, $N = 4$. Рассматриваемые параграссмановы алгебры с успехом используются для построения бесконечномерных представлений ковариантных квантовых алгебр с $q^\hbar = 1$, а также для построения параграссмановых расширений алгебры Вирасоро [16].

Дальнейшее развитие получили классическая и квантовая теории релятивистской струны с массами на концах. Найдены новые решения динамических уравнений движения для кварков, связанных струной, в терминах геометрических инвариантов их мировых траекторий (кривизн и кручений). Знание этих характеристик позволяет полностью восстановить мировую поверхность струны с массами на концах [17]. Разработан новый подход к исследованию классической динамики

релятивистской струны с жесткостью [18]. Исследовалась процедура квадрирования первичных связей в обобщенной гамильтоновой динамике Дирака, описывающей системы со связями [19]. Этот формализм широко используется при исследовании всех струнных моделей. На конкретном примере релятивистской частицы с кривизной и кручением показано, что в общем случае квадрование первичных связей может приводить к неверному результату.

Сформулирован метод осцилляторного представления (*OR*), основанный на идее объединения метода канонических преобразований с ренормгруппой. В рамках этого метода проведено исследование структуры фазовых переходов по константе связи и температуре и спонтанному нарушению симметрии в моделях квантовой теории поля вида ϕ_d^4 и $(\vec{\phi}_d^2)_d^2$ в случае $O(N)$ -симметрии в пространствах $D = 2, 3, 4$. *OR*-метод применен в квантовой механике для вычисления спектров в кулоновских трехтельных задачах [20]. *OR*-методом вычислена энергия полярона в пространстве размерности D при произвольных константах связи [21].

В исследованиях по физике частиц большое внимание уделялось изучению спиновых явлений при высоких энергиях. В КХД-модели на больших расстояниях показано, что эффекты кваркового моря в амплитуде с переворотом спина кварк-фотонного рассеяния при переданных импульсах $|t| \sim 0,3 \text{ ГэВ}^2$ могут достигать 30—40% от вклада диаграмм с двухглюонным обменом, а лестничные глюонные графы важны при $|t| \sim 1 \text{ ГэВ}^2$. В этой области переданных импульсов амплитуды с переворотом и без переворота спина оказываются одного порядка [22].

Приведены аргументы в пользу того, что аномалии, наблюдаемые во взаимодействии поляризованных частиц при высоких энергиях, являются проявлением сложной структуры вакуума КХД; показано, что специфическая структура взаимодействия фермионных нулевых мод в поле инстантона позволяет одновременно объяснить нарушения партонных правил сумм Эллиса — Джаффе и Готтфрида, наблюдаемые в экспериментах EMC и SMC [23].

Важный прогресс был достигнут в понимании совместимости данных EMC с правилом сумм Герасимова — Дрелла — Хирна. Показано [24], что резкое изменение знака в правиле сумм обусловлено вкладом упругого *ep*-рассеяния. Продолжалось исследование вклада структурной функции G_2 в глубоконеупругое рассеяние на продольно-поляризованной мишени. Установлено, что именно с ней связан магнитный формфактор фоторождения $\Delta(1232)$, ответственный за смену знака первого момента структурной функции

протона g_1 . Вычислены поляризованные структурные функции неупругого рассеяния на массивном фермионе в первом порядке теории возмущений. Исследована Q^2 -эволюция расширенных правил сумм Буркарта — Коттингема и Герасимова — Дрелла — Хирна.

Совместно с коллаборацией ДЕЛФИ продолжались поиски спиральной структуры адронных струй, свидетельствующей о поляризации родительских кварков (т.н. handedness). Разработанная недавно модель для теоретической оценки величины анализирующей способности показывает, что это величина порядка 10% [25].

Значительный прогресс достигнут в исследовании одиночных асимметрий в КХД, основа которых была заложена в ранних работах. Закончены и опубликованы расчеты лево-правых асимметрий фотонов и адронных струй на поперечно-поляризованной мишени [26]. Показано, что последняя имеет ряд преимуществ в области малых быстрот. Результаты использованы в предложении RHIC Spin Collaboration.

Дальнейшее развитие получили работы по приложениям правил сумм КХД с нелокальными вакуумными конденсатами. В частности, начато изучение формфактора $F_{\gamma^* \gamma^* \rightarrow \pi^0}$ при малой виртуальности одного из фотонов [27, 28]. На основе уравнения ренормгруппы для вильсоновских петель получена асимптотика ядра эволюции Липатова — Альтерелли — Паризи при $x \rightarrow 1$, справедливая во всех порядках теории возмущений [29]. Предложен метод суммирования больших поправок к сечению адрон-адронного рассеяния, обусловленных вкладом мягких глюонов. Показано, что асимптотика упругого кварк-кваркового рассеяния при высоких энергиях и фиксированной передаче импульса определяется вкладом мягких глюонов. Факторизация этих вкладов и их вычисление приводят к реджиевскому поведению амплитуды [30].

В рамках минимального суперсимметричного обобщения Стандартной модели (МССМ) и теории Великого объединения проведены самосогласованный ренормгрупповой анализ предсказаний теории и их сравнение с последними экспериментальными данными. Показано, что МССМ находится в удовлетворительном согласии со всеми данными, и получены ограничения на параметры нарушения суперсимметрии. Предсказаны массы суперпартнеров обычных частиц, а также массы полей Хиггса. Все массы находятся в интервале до 1 ТэВ, а легчайшие частицы, включая хиггсовский бозон, оказываются доступными наблюдению на ускорителях ближайшего будущего [31].

На основе точного решения массивных уравнений ренормгруппы в квантовой хромодинамике



Дубна, 26 октября. Группа участников VI Международного семинара «Гравитационная энергия и гравитационные волны»

произведен аккуратный учет порогов рождения тяжелых кварков в эволюции структурных функций жестких процессов. Показано, что стандартный подход, основанный на эффективном числе кварковых ароматов в пороговой области, приводит к заметной погрешности в эволюции эффективной константы связи на однопетлевом уровне [32]. Проанализирована роль пороговых эффектов при двухпетлевой эволюции сильной константы связи на масштабах от нескольких ГэВ до массы M_Z . В этой связи рассматривается соответствие современных экспериментальных данных по $\alpha_s(M_Z)$ гипотезе существования легкого глюино [33].

В стандартной теории электрослабых взаимодействий выполнен ряд расчетов для экспериментов на ускорителях LEP-1, LEP-2 и HERA [34,35]. Созданная ранее программа TERAD с успехом применяется при анализе первых экспериментальных данных, полученных с детекторов ускорителя HERA. Предложен новый метод выделения калибровочно-инвариантного вклада диаграмм тормозного излучения из начального состояния в сечение процессов $e^+e^- \rightarrow W^+W^-, ZZ, ZH$. Обнаружен эффект экранирования этого вклада при высоких энергиях, обеспечивающий правильное унитарное поведение сечения с учетом радиационных поправок [36].

Совместно с теоретиками из Турина изучалась проблема солнечных нейтрино. Показано, что без каких-либо модельных предположений из будущих опытов по регистрации нейтрино от Солнца можно будет определить вероятность выживания ν_e и поток нейтрино от распада ^8B , т.е. проблемы смешивания нейтрино и проблемы, связанные с Солнцем, можно разделить. Предложе-

ны методы проверки существования стерильных нейтрино [37].

Большой цикл исследований выполнен в *релятивистской теории связанных состояний и резонансов* с приложениями в спектроскопии адронов.

В релятивистской кварковой модели с учетом конфайнмента легких кварков дано описание полупетлевых распадов тяжелых мезонов и барионов в пределе бесконечных масс кварков (предел Изгура — Вайзе). Вычислены адронные формфакторы, описывающие переходы $b \rightarrow c$, $b \rightarrow u$, $c \rightarrow s$, $c \rightarrow d$, ширины распадов и дифференциальные распределения. Изучены следствия симметрии Изгура — Вайзе в мире тяжелых кварков. Исследована зависимость формфакторов от энергии связи, а также вычислены $1/M_Q$ -поправки [38].

Интересные результаты получены в моделях типа Намбу — Йона-Лазинио, в частности вычислены распадные характеристики D - и D^* -мезонов, обнаружена стабилизирующая роль глюонного конденсата при изменениях температуры, дана новая интерпретация некоторых скалярных состояний [39].

Получены нелокальные уравнения спонтанного нарушения киральной симметрии при конечной температуре и барионной плотности, и исследованы их приближенные решения [40].

Предложена лагранжева формулировка обобщенной модели Намбу — Йона-Лазинио с сепарабельным взаимодействием. Модель хорошо воспроизводит основные параметры низкоэнергетической физики пиона и нуклона: слабую константу пиона f_π , константу распада $\pi \rightarrow \gamma\gamma$, электромагнитный радиус r_π , формфактор пио-

на $F_{\pi}(Q^2)$ и константу пион-нуклонного взаимодействия $G_{\pi NN}$ [41].

Рассмотрены возможные проявления экзотических 6-кварковых резонансов в процессах тормозного излучения фотонов нуклонами. На этой основе предложены новые способы экспериментального поиска дибарионных резонансов в реакциях $pp \rightarrow p\bar{p}\gamma(2\gamma)$ [42]. Эксперимент указанного типа принят к постановке на фазотроне ЛЯП ОИЯИ. Соответствующее предложение о проведении совместного эксперимента направлено также в программный комитет ЛАМПФ (США).

В динамической модели взаимодействия адронов были получены предсказания для поведения наклона и других параметров дифференциальных сечений, которые сопоставлены с последними данными коллаборации UA4/2 в области малых передач импульса и энергии в с.ц.м., равной 541 ГэВ. Тщательный анализ новых данных коллаборации UA4/2 показывает, что они дают существенно большую величину $\rho = \text{Re } T(s,t)/\text{Im } (s, t)$, не противоречащую предыдущим данным коллаборации UA4. Имеются определенные основания полагать, что этот эксперимент впервые обнаруживает возможное существование амплитуды с переворотом спина при сверхвысоких энергиях и в области малых передач импульса [43].

ТЕОРИЯ АТОМНОГО ЯДРА, ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ И РЕЛЯТИВИСТСКАЯ ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА

Интенсивные исследования продолжались в области теории структуры ядра. Удалось объяснить наблюдаемое экспериментально подавление осцилляций зарядовых переходных плотностей во внутренней области ядер, построив приближение, в котором корреляционные эффекты в основном состоянии ядра учитываются более последовательно, чем в традиционном приближении случайной фазы [48]. В рамках квазичастично-фононной модели ядра описаны экспериментальные данные о вероятностях электромагнитных переходов в ^{168}Er и ^{162}Dy [49]. Совместно с физиками из Технического университета в Дармштадте исследована структура промежуточных состояний при фотовозбуждении изомерных уровней в ряде сферических ядер [50]. Продemonстрировано сильное влияние гигантского углового резонанса на электромагнитные ха-

На основе многоканального фазового анализа упругого $p\bar{p}$ -рассеяния и перезарядки ($p\bar{p} \rightarrow n\bar{n}$) с учетом s -, p - и d -волн сделан вывод о существовании квазизадерного связанного состояния с малой энергией связи [44]. Предложен способ оценки энергии связи квазизадерного состояния на основе аналитической модели амплитуды рассеяния вперед.

В ряде работ рассмотрены трехчастичные системы с кулоновским взаимодействием. Разработанные ранее методы применены к описанию новых экзотических трехчастичных систем — антипротонных молекулярных ионов [45]. Предложен новый подход к проблеме квазипересечений адиабатических потенциальных кривых: на примере мезомолекулы $d\bar{t}\mu$ показано, что острые пики в матричных элементах адиабатических поправок могут быть самосогласованно убраны точным ортогональным преобразованием [46]. Продолжены исследования межбазисных разложений в точно решаемых задачах квантовой механики [47].

Результаты представленных выше работ докладывались на многочисленных конференциях, совещаниях, школах, в том числе на Европейской конференции по физике высоких энергий (Марсель, Франция), Международном симпозиуме по лептонным и фотонным взаимодействиям (Итака, США), 3 Вигнеровском симпозиуме (Оксфорд, Великобритания) [6,12,17, 24—26,31,44].

характеристики низколежащих состояний деформированных ядер [51].

В совместных с сотрудниками Института ядерной физики Кельнского университета работах предложено новое объяснение эффекта расщепления по четности вращательных полос молекулярного типа в ядрах области Ra и Th. Показано, что это явление связано с эффектом туннелирования через барьер асимметричной поверхности и ее зеркального отражения [52]. Сформулирован модельно-независимый метод извлечения информации о $\langle K^2 \rangle$ из экспериментальных данных по вероятностям E2-переходов в нечетных ядрах с сильным кориолисовым взаимодействием. Удалось описать свойства мультиплета «квадрупольный фонон $\otimes$ октаупольный фонон $\otimes$ частица», недавно исследованного экспериментаторами Института ядерной физики Кельнского университета [53].

Предложен новый подход к проблеме соотношения регулярных и хаотических черт динамики ядра. Традиционно одним из главных критериев хаотичности поведения квантовой системы (и ядра в том числе) считается форма распределения расстояний между ближайшими уровнями в ядерном спектре. Анализ этого вопроса с точки зрения иерархии компонент ядерных волновых функций по их сложности показал известную ограниченность такого критерия [54].

Проведены детальные расчеты вероятностей бета-переходов типа Гамова — Теллера в сферических нейтронно-избыточных ядрах, показавшие высокую надежность теоретических предсказаний [55].

Исследованы свойства гипотетических торонных дипольных возбуждений [56], существование которых связано с упругостью ядра относительно кручения. Это свойство ядерного вещества отсутствует в широко известной модели жидкой капли и было учтено в рамках так называемой ядерной флуид-динамики.

В результате изучения механизмов процесса прилипания Λ -гиперона к осколкам деления гиперядра ^{238}U и расчета коэффициентов прилипания определены условия, при которых с помощью указанного процесса можно получить новую информацию о динамике ядерного деления [57].

Получены новые результаты в теории ядронных взаимодействий. Вихревое движение в ядерных системах проанализировано без использования обычных приближений о малости амплитуды возбуждения или предположений о форме поверхности. Основные уравнения для описания нелинейного ядерного вихря получены в рамках ядерной гидродинамики [58]. С точки зрения теории солитонов рассмотрены проблемы динамической неустойчивости и явление кластеризации (образование стабильных фрагментов). Показано, что объемная неустойчивость может быть сопоставлена нелинейности, а поверхностная — дисперсным членам уравнений движения. Построена простая модель, иллюстрирующая явление взаимной компенсации обоих типов неустойчивости и кластеризации в конечном канале [59].

Разработан оригинальный подход к изучению динамики процесса слияния ядер, основанный на технике моментов функций Вигнера, и с его помощью продемонстрирована возможность экспериментального исследования временной эволюции реакции слияния ядер [60].

На основе релятивистского квазиклассического приближения развит метод, позволяющий получать удобные для практического использования аналитические выражения для сечений

упругого и квазиупругого рассеяния тяжелых ионов [61].

Проанализированы экспериментальные данные по делению ^{209}Bi на вторичных пучках ^4He , и получено хорошее описание их в рамках модели, учитывающей связь каналов [62].

Построена микроскопическая модель, позволяющая рассчитать распределение энергии возбуждения между сталкивающимися ядрами. В отличие от традиционной схемы статистического равновесия модель предсказывает, что энергия возбуждения должна распределяться между ядрами примерно поровну в соответствии с имеющимися экспериментальными данными [63].

Предложена модель конкуренции каналов полного слияния и квазиделения при столкновении двух массивных ядер, которая хорошо описывает экспериментальные данные о распределении продуктов испускания в реакциях $^{100}\text{Mo} + ^{100}\text{Mo}$ и $^{110}\text{Pd} + ^{110}\text{Pd}$ [64].

Проведен феноменологический анализ упругого рассеяния вторичного пучка ядер ^{11}Li с энергией 29 МэВ/А на ^{28}Si , и показано, что для объяснения экспериментальных данных надо предположить необычайно большое значение параметра диффузности реальной части оптического потенциала, что, по-видимому, связано с существованием большого нейтронного гало в ядре ^{11}Li [65].

В рамках подготовки к экспериментам на пучках ионов промежуточных энергий в Лаборатории ядерных реакций им. Г.Н.Флерова проанализировано упругое рассеяние в обратной кинематике ядер Na на ядрах с замкнутой оболочкой $N = 20$ [66].

Продолжались исследования в области теоретической ядерной физики промежуточных и высоких энергий, где тесно переплелись проблемы структуры ядра, ядерных реакций и физики частиц.

На примере реакции перезарядки пионов и рождения η -мезонов в реакциях с ^3He продемонстрирована важность двухчастичного механизма реакции [67].

В рамках гиперсферического подхода развит метод, позволяющий корректно решить задачу о существовании низколежащих резонансов в системе нескольких нейтронов и выделить так называемые искусственные резонансы, порождаемые стандартной процедурой обрезания потенциальной матрицы [68].

В модели релятивистского гармонического осциллятора вычислены зарядовый, магнитный и аксиальный формфакторы нуклонов. С одним подгоночным параметром удалось достичь хорошего согласия с экспериментальными данными в широкой области передач импульса [69].

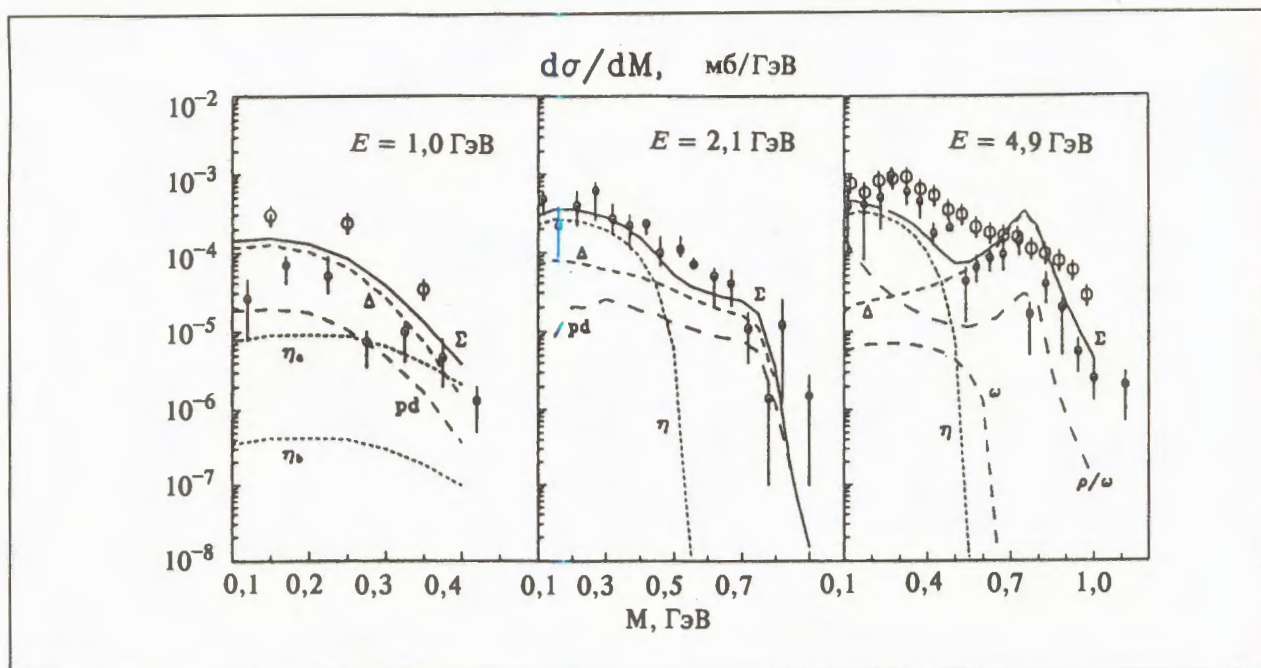


Рис. 1. Вклады различных источников дилептонов в спектр инвариантных масс в pN -взаимодействии для $E = 1,0, 2,1, 4,9$ ГэВ, рассчитанный с учетом экспериментального DLS-фильтра

На основе модели эффективных киральных лагранжианов развит новый вариационный метод изучения свойств легких ядер. В методе коллективных переменных рассчитан эффективный квантовый гамильтониан, исследована сжимаемость солитонной материи в ядерноподобных состояниях и вычислены частоты дыхательной моды легчайших ядер. Проанализирована пространственная структура распределения барионного заряда, и исследована кластерная структура легчайших ядер [70].

Исследованы механизмы образования лептонных пар в протон-протонных и протон-дейтронных столкновениях при промежуточных энергиях. Выяснено, что большой вклад в сечение образования дилептонов в протон-протонных столкновениях дает тормозное излучение виртуальных фотонов и далицевские распады η -мезонов, вклад которых ранее считался незначительным. Таким образом, сделан первый шаг в

изучении возможного проявления кирального фазового перехода в реакциях с тяжелыми ионами [71].

На основе модифицированной модели кварк-глюонных струн, с помощью которой рассчитываются сечения «элементарных» адрон-адронных взаимодействий, развит кинетический подход, позволяющий рассчитывать сечения взаимодействия адронов и ядер с ядрами при промежуточных энергиях. Удалось с единых позиций описать сечения образования η -мезонов, странных K^+ -, K^- -мезонов, антипротонов, включая подбарьерные процессы [72].

Результаты этих и других исследований докладывались на международных конференциях и школах по ядерной физике во Фрибурге (Швейцария), Варне (Болгария), Санторини (Греция), Хиршеге (Австрия), Обнинске (Россия), Гал Лейке (США), Дубне (см., например, [49,54,56,59,71]).

ТЕОРИЯ КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

В области теории твердого тела продолжено исследование электронных и магнитных свойств нормальной фазы высокотемпературных сверхпроводников, а также механизмов сверхпроводящего спаривания в них.

В рамках предложенной ранее синглет-триплетной модели рассчитан электронный спектр в парамагнитной фазе ВТСП-соединений и дано объяснение ряда наблюдаемых в эксперименте особенностей зонной структуры медно-оксидных ВТСП [73]. На основе фононного механизма

спаривания носителей в синглетной зоне этой же модели получена концентрационная зависимость температуры сверхпроводящего перехода, которая качественно согласуется с экспериментом [74]. Вычислена ширина уровней в кристаллическом поле для $4f$ -электронов в соединениях $Tm-YBCO$, и проведено сравнение с результатами нейтронных экспериментов [75].

Исследована обобщенная модель Хаббарда с учетом межузельного прыжкового кулоновского взаимодействия, и проанализированы условия, при которых в рамках модели возникает сверхпроводящее спаривание электронов [76].

В рамках программы «Гейзенберг—Ландау» было проведено исследование динамики решетки фуллеринов ($M_{xC_{60}}$) на основе ангармонической модели для либронов и дано объяснение эффектов сильной связи за счет электрон-двухфононных процессов взаимодействия [77].

Изучено поведение макромолекулярных клубков в полимерных жидкокристаллических средах. Дан расчет сечения рассеяния нейтронов, и проведено сравнение с экспериментальными данными [78].

В области математической физики продолжались исследования эволюционных уравнений для данных рассеяния оператора Шредингера с потенциалом, удовлетворяющим уравнению Кортевега — де Вриса с источником. Показано, что задание источника в виде интеграла Фурье по собственным функциям порождающего оператора позволяет получить представление, зависящее только от данных рассеяния и коэффициентов фурье-источника.

Построены обобщенные преобразования Дарбу и Баргмана на основе метода обратной задачи рассеяния в адиабатическом представлении [79].

Обнаружен новый класс решений уравнения Янга—Миллса в размерности выше четырех и произвольной калибровочной группы [80].

Продолжены исследования пространственной структуры самоорганизованного критического состояния. Предложен новый метод точного вычисления вероятностей высот для абелевой модели. Вычислены поправки конечного объема, и найдены граничные корреляции, позволяющие найти пространственные критические показатели на основе предсказаний конформной теории поля [81].

В точно решаемой квантовой модели ангармонического кристалла показано, что квантовые флуктуации соответствуют неабелевой алгебре операторов, в отличие от температурных флуктуаций, приводящих к абелевой алгебре [82].

Проведено исследование спектра возбуждений над антиферромагнитным вакуумом в точно решаемой модели изотропного магнетика Гей-

зенберга с нелокальным обменным взаимодействием, определены конформный заряд и аномальные размерности операторов соответствующей двумерной теории поля. Предложен новый метод нахождения собственных векторов многомерных аналогов оператора Ламе [83].

В исследованиях по статистической механике разработанные ранее методы описания кластеризующейся материи применены при вычислении термодинамических характеристик капельной модели и при рассмотрении кварк-глюонной плазмы [84].

Развивалась электродинамика тороидных моментов, на основе которой были решены конкретные задачи классического и квантового электромагнетизма [85].

В области физики поляронов на основе разложения по обратным степеням размерности пространства рассчитана эффективная масса полярона, исследована область стабильности мультиполяронных кластеров [86], построено основное состояние для системы одномерных поляронов с учетом ферми-статистики.

Развиты методы интегрирования по путям для когерентных состояний с различными группами симметрий [87].

Исследованы физические характеристики упругих сред с топологическими дефектами, предсказан новый механизм рассеяния электронов в кристаллах с дисклинациями [88]. Исследовано поведение теплоемкости в регулярно разбавленных изинговских ферромагнетиках [89], построено гауссово фермионное представление для статсуммы в модели димеров на неоднородной решетке.

По тематике квантовая оптика продолжено исследование тепловых и квантовых флуктуаций в теории светового поля и бозе-возбуждений в конденсированных средах. Для неклассических состояний света проведено сопоставление распределений по канонически-сопряженным переменным числу фотонов и фазе светового поля с учетом различных определений оператора фазы [90]. Рассмотрена связь между когерентностью квантовых состояний изолированного атома в резонаторе (типа магнитной ловушки) и статистикой излучаемого при переходе между этими состояниями света [91].

Для равновесной поляритонной системы методами квантовой оптики исследована статистика фононов, супергауссовый характер которой при низких температурах показывает большую роль квантовых флуктуаций [92]. Показано, что электрон-фононное взаимодействие в молекуле формирует ее отклик на внешнее световое поле и вызывает хаотизацию колебаний за счет низкочастотного деформационного колебания при электронном переходе [93].

Результаты этих работ докладывались на многих конференциях, совещаниях, школах, среди которых 13 Европейская конференция по физике кон-

денсированных состояний (Регенсбург, ФРГ) и 20 Международная конференция по физике низких температур (Юджин, США) [74,78, 0,87,90].

РАЗВИТИЕ СЕТИ ПЕРСОНАЛЬНЫХ КОМПЬЮТЕРОВ

В 1993 году в рамках проекта СПЕКТР была проведена локальная сеть персональных компьютеров с подключением 60 ПК. В настоящее время сотрудники лаборатории имеют возможность связываться с научными центрами мира прямо с рабочего места. Общая распределенная производительность ПК составляет примерно 120 миллионов операций с плавающей запятой в секунду.

Установлены новейшие системы численно-аналитических вычислений MATHEMATICA 2.2, MAPLE 5.2, а также система REDUCE на рабочей станции SUN SPARC STATION 2. Внедрена новая сетевая система NICE под Windows 3.1, полностью совместимая с сетью ЦЕРН. Инсталлирована 32-битовая система Windows NT 3.1, совместимая с традиционными операционными системами и программным обеспечением.

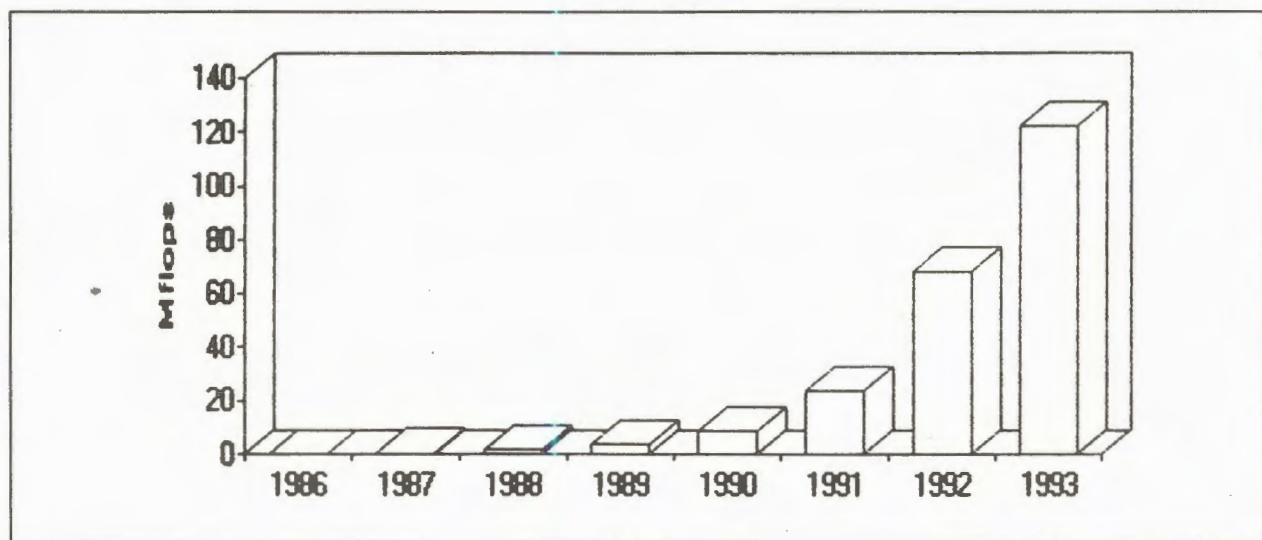


Рис. 2. Общая распределенная производительность вычислительного комплекса Лаборатории теоретической физики

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ СОТРУДНИЧЕСТВА

ЛТФ активно сотрудничает со многими институтами и университетами Болгарии, Польши, Словакии, Чехии и стран СНГ. В настоящее время в лаборатории по контракту работает 65 человек, в том числе 49 из стран СНГ. Ученые из стран-участниц ОИЯИ вносят значительный вклад в исследования, проводимые в лаборатории.

Успешно продолжает развиваться сотрудничество с исследовательскими центрами Германии по программе «Гейзенберг — Ландау» (ПГЛ). В 1993 году в Дубне в рамках ПГЛ проведено три совместных рабочих совещания: «КХД

при конечной температуре. Связанные состояния и ядерная динамика», «Суперсимметрия и квантовые группы», «Тяжело-легкие кварковые связанные состояния и симметрии». При частичной финансовой поддержке ПГЛ в Дубне прошло большое международное совещание «Методы симметрии в физике», посвященное памяти Я.А.Смординского. В 1993 году в рамках ПГЛ реализована система грантов — совместных проектов. 19 проектов по квантовой теории поля, физике частиц, теории ядра и конденсированным средам были утверждены Управляющим комите-

Дубна, 20 мая. Участники рабочего совещания физиков-теоретиков по программе сотрудничества «Гейзенберг — Ландау»



том (Steering Committee) ПГЛ (в состав которого входят по три ученых из Дубны и Германии) и получили финансовую поддержку. В 1993 году в рамках ПГЛ подготовлено около 40 совместных публикаций (см., например, [4,34,36,39,40,52,53,57,67,71,73]). На 1994 год одобрено 29 совместных проектов, 7 совещаний (2 из них в Германии) получают финансовую поддержку ПГЛ.

Ряд исследований выполнен совместно с сотрудниками отделений INFN (Италия) в Катании, Неаполе, Милане и Турине; с французскими физиками из институтов IN2P3 в Орсе, Бордо и Гренобле; с учеными из университетов Бельгии и США [5,8,18,24,28,29,30,37,48,60,82,86]. Действует Соглашение о сотрудничестве между ЛТФ и Международным центром теоретической физики в Триесте.

Продолжаются работы по обработке, теоретическому анализу и интерпретации результатов эксперимента ДЕЛФИ в ЦЕРН. Разработанные ранее методы анализа лептон-адронных процессов применены при обработке первых данных с детекторов ускорителя HERA в DESY.

Традиционно теоретики активно участвуют в организации конференций, совещаний и школ, проводимых ОИЯИ. Значительным событием прошедшего года стало международное совещание «Боголюбовские чтения» (Дубна, 19—21 августа). В работе совещания приняли участие ученики и сотрудники Н.Н.Боголюбова, работающие в ОИЯИ и в научных центрах многих стран.

На Европейской школе по физике высоких энергий (школа ЦЕРН—ОИЯИ), проходившей с 14 по 24 сентября в Закопане, лекторами и руководителями дискуссий были сотрудники лаборатории С.М.Биленький, Д.Ю.Бардин и Д.И.Казаков. Большой вклад внесли теоретики в организацию и проведение 43 Международного совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра, международного совещания «Дейтрон-93», международной школы-семинара «Адроны и ядра из КХД» (Владивосток — Саппоро), рабочего совещания «Квантовые нелинейные явления в оптике и физике конденсированных сред».

Одним из немаловажных показателей эффективности сотрудничества является финансовая

поддержка различных фондов. В 1993 году 9 проектов с участием сотрудников ЛТФ получили гранты Российского фонда фундаментальных исследований. Сотрудники лаборатории совместно с европейскими учеными подали 10 проектов на конкурс ИНТАС.

В соответствии с решением 74 сессии Ученого совета ОИЯИ 2—3 декабря 1993 г. в Лаборатории теоретической физики им. Н.Н.Боголюбова состоялись заседания оргкомитета Программно-консультативного комитета по теоретической физике. В состав оргкомитета вошли 16 известных физиков-теоретиков из Австрии, Армении, Германии, Италии, Польши, России, Украины, Франции, ЦЕРН и ОИЯИ. Оргкомитету были

представлены сжатые обзоры основных направлений исследований, ведущихся в ЛТФ, и их перспектив на ближайшее будущее, проект СПЕКТР и программа «Гейзенберг — Ландау» по теоретической физике. По итогам работы членами оргкомитета было принято заявление, в котором, в частности, выражена поддержка планируемым в ЛТФ исследованиям по темам «Поля и частицы», «Теория ядра, многочастичные системы и ядерная динамика», «Теория конденсированных сред» и проекту СПЕКТР. Мнения и предложения членов оргкомитета, зафиксированные в заявлении, были представлены Ученому совету ОИЯИ на его 75 сессии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Avdeev L. V., Chizhov M. V. — Preprint of the Univ. of Pisa, IFUP-TH 47/93 (to appear in «Phys. Lett. B»).
2. Sissakian A. N., Solovtsov I. L., Shevchenko O. Yu. — To appear in «Int. J. Mod. Phys. A».
3. Solodukhin S. N. — *Clas. Quant. Grav.*, 1993, v.10, p.1011; *Phys. Lett. B*, 1993, v.319, p.87.
4. Pelyushin V. N., Towmasjan T. — *J. Moscow Phys. Soc.*, 1993, v.3, p.1; *Int. J. Mod. Phys. (accepted)*.
5. Fursaev D. V., Miele G. — *Phys. Rev. D*, 1993, v.49, p.987.
6. Chernikov N. A. — *Acta Phys. Polon.*, 1993, v.B24, p.927; Report at the Fridman Intern. Seminar on Gravity and Cosmology, St. Petersburg, September, 1993.
7. Govorkov A. B. — *JINR Preprint E2-93-53*, Dubna, 1993; *Physica A (in print)*.
8. Bellucci S., Ivanov E., Krivonos S., Pichugin A. — *Phys. Lett. B*, 1993, v.312, p.463; Delduc F., Ivanov E. — *Phys. Lett. B*, 1993, v.309, p.312.
9. Devchand Ch., Ogievetsky V. — Preprint BONN-HE-93-23, Aug. 1993; *Nucl. Phys. B (in press)*.
10. Chikalov V., Pashnev A. — *Mod. Phys. Lett. A*, 1993, v.8, p.285.
11. Нерсисян А.П. — *Письма в ЖЭТФ*, 1993, 58, с.64; Khudaverdyan O. M., Nersessyan A. P. — *Mod. Phys. Lett. A*, 1993, v.8, p.2377.
12. Filippov A. T., Isaev A. P., Kurdikov A. B., Pyatov P. N. — In: Proc. of the XXVI Intern. Symp. Ahrenschoop, Preprint DESY 93-013, 1993.
13. Isaev A. P., Pyatov P. N. — *Phys. Lett. A*, 1993, v.179, p.81.
14. Vladimirov A. A. — *Z. Phys. C*, 1993, v.58, p.659; *Mod. Phys. Lett. A*, 1993, v.8, 2573.
15. Исаев А.П., Курди́ков А.Б., Филиппов А.Т. — *ТМФ*, 1993, т.94, с.213.
16. Filippov A. T., Isaev A. P., Kurdikov A. B. — *Int. J. Mod. Phys. A*, 1993, v.8, p.4973.
17. Barbashov B. M. — *Journal of the Moscow Phys. Society*, 1993 (to be published); Barbashov B. M., Chervyakov A. M. — Talk at the Third International Wigner Symposium, Oxford, England, 1993.
18. Kholodenko A. L., Nesterenko V. V. — *JINR Preprint E2-93-181*, Dubna, 1993.
19. Nesterenko V. V. — *JINR Preprint E2-93-328*, Dubna, 1993.
20. Dineykh M., Efimov G. V. — *Few-body Systems*, 1993 (accepted); *JINR Preprint E4-93-465*, Dubna, 1993.
21. Efimov G. V., Ganbold G. — Preprint ICTP, IC/93/228, Trieste, 1993; *Phys. Rev. B (in print)*.
22. Goloskokov S. V. — *J. Phys. G: Nucl. Part. Phys.*, 1993, v.19, p.67.
23. Dorokhov A. E., Kochelev N. I., Zubov Yu. A. — *Int. J. Mod. Phys. A*, 1993, v.8, p.603; Dorokhov A. E., Kochelev N. I. — *Phys. Lett. B*, 1993, v.304, p.167.
24. Soffer J., Teryaev O. — *Phys. Rev. Lett.*, 1993, v.70, p.3373; Report at the European Physical Society's «Europhysics» Intern. High Physics Conference, Marseille, July, 1993.
25. Efremov A. V. — «Hunting for the handedness.» *Proceedings of Protvino Spin Seminar (to appear)*.
26. Korotkiyan V. M., Teryaev O. V. — *JINR Preprint E2-93-286*, Dubna, 1993; *Proceedings of Protvino Spin Seminar (to appear)*.
27. Радюшкин А.Б., Русков Р. — *ЯФ*, 1993, т.56, с.103; Rad'yushkin A., Ruskov R. — *Phys. At. Nucl.*, 1993, v.56 (5), p.630.

28. Coriano C., Radyushkin A., Sterman G. — *Nucl. Phys. B*, 1993, v.405, p.481.
29. Korchemskii G., Marchesini G. — *Nucl. Phys. B*, 1993, v.406, p.225; *Phys. Lett. B*, 1993, v.313 p.433.
30. Korchemskii G., Bassetto A., Korchemskaya I.A., G.Nardelli G. — *Nucl. Phys. B*, 1993, v.408, p.62.
31. de Boer W., Ehret R., Kazakov D. — Preprint of Karlsruhe Univ. IEKP-KA/93-13; Contribution to the XVI International Symposium on Lepton-Photon Interactions, Cornell, August, 1993.
32. Dokshitser Yu.L., Shirkov D.V. — Preprint of the Univ. of Lund LUTP 93-19; JINR Preprint E2-93-335, Dubna, 1993; *Z. Phys. C* (in print).
33. Mikhailov S.V., Shirkov D.V. — Preprint of the Univ. of Bielefeld BI TP 93/75; JINR Preprint E2-93-336, Dubna, 1993, *Z. Phys. C* (in print).
34. Bardin D., Kalinovskaya L., Riemann T. — *Phys. Lett. B*, 1993, v. 301, p.447.
35. Ивкин А.В., Купаев Е.А., Назиров М.Т. — *ЯФ*, 1993, т.56, с.78.
36. Bardin D., Bilenky M., Olshevski A., Riemann T. — *Phys. Lett. B*, 1993, v.308, p.403.
37. Bilenky S.M., Giunti C. — *Phys. Lett. B*, 1993, v.300, p.137; *Phys. Lett. B*, 1993, v.311, p.179.
38. Efimov G.V., Ivanov M.A. — «The Quark Confinement Model of Hadrons», Institute of Physics Publishing, Bristol and Philadelphia, 1993.
39. Волков М.К. — *ЯФ*, 1993, т.56, с.171; Ebert D., Kalinovskiy Yu.L., Volkov M.K. — *Phys. Lett. B*, 1993, v.301, p.231; Kusaka K., Volkov M.K., Weise W. — *Phys. Lett. B*, 1993, v.302, p.145.
40. Blaschke D.B., Kalinovskiy Yu.L., Pervushin V.N., Schmidt T., Röpke G. — *Z. Phys. A*, 1993, v.346, p.85.
41. Anikin I., Ivanov M.A., Kulimanova N., Lyubovitskij V. — JINR Preprint E2-93-257, Dubna, 1993; *Phys. Rev. D* (in print).
42. Gerasimov S.B., Khrykin A.S. — *Mod. Phys. Lett. A*, 1993, v.8, p.2457; Ershov S.N., Gerasimov S.B., Khrykin A.S. — JINR Rapid Communications 5[62]-93, Dubna, 1993, p.1.
43. Selyugin O.V. — JINR Preprint E2-93-454, Dubna, 1993.
44. Henner V.K., Meshcheryakov V.A. — Contribution to the Intern. Confer. NAN-93, Moscow, September 1993; *Yad. Fiz.* (in print).
45. Korobov V.I., Vinitzky S.I., Kuperin Yu.A. — *Phys. Lett. B*, 1993, v.315, p.215.
46. Fonseca A.C., Matveenko A.V. — *Few-Body Systems*, 1993, v.14, p.81.
47. Витницкий С.И., Первушин В.Н., Погосян Г.С., Сусакаян А.Н. — *ЯФ*, 1993, т.56, с.62.
48. Karadjov D., Voronov V.V., Catara F. — *Phys. Lett. B*, 1993, v.306, p.197.
49. Soloviev V.G., Sushkov A.V. — *Z. Phys. A*, 1993, v.345, p.155; Invited talk at International Conference «VIII ISGRSART» (Fribourg, Switzerland, 20—24 Sept., 1993).
50. Carroll J.J., Collins C.B., Heyde K., Huber M., von Neumann-Cosel P., Ponomarev V.Yu. et al. — *Phys. Rev. C*, 1993, v.48, p.2238.
51. Mikhailov I.N., Usmanov P.N. — *Annalen der Physik*, 1993, v.2, p.237.
52. Jolos R., von Brentano P., Donau F. — *J. Phys. G*, 1993, v.19, p.L151.
53. Zilges A., Herzberg R., von Brentano P., Jolos R. et al. — *Phys. Rev. Lett.*, 1993, v.70, p.2880.
54. Soloviev V.G. — *Nucl. Phys. A*, 1993, v.554, p.77; Invited talk at «International School-Seminar on Heavy Ion Physics», Dubna, 10—15 May, 1993.
55. Кузьмин В.А., Темерева Т.В. — *ЯФ*, 1993, т.56, с.76.
56. Bastrukov S.I. et al. — *Nucl. Phys. A*, 1993, v.562, p.191; Report at International Conference on Nuclear Structure and Nuclear Spectroscopy, Dubna, 20—23 April, 1993.
57. Krappe H.J., Pashkevich V.V. — *Phys. Rev. C*, 1993, v.47, p.1970.
58. Kartavenko V. — *Journ. of Phys. G*, 1993, v.19, p.L83.
59. Картавенко В.Г. — *ЯФ*, 1993, т.56, с.38; Kartavenko V. — Report at International Conference CLUSTERS'93, Santorini, Greece, June, 1993.
60. Mikhailov I.N., Yuldashbaeva E.Kh., Piperova J., Libert J. — Preprint CSNSM 93-18, Orsay, 1993.
61. Лукьянов В.К. — *Изв. РАН (сер. физ.)*, 1994, т.58, с.8.
62. Skobelev N.K., Shilov V.M. et al. — JINR Rap. Comm. No.4[61]-93, Dubna, 1993, p.36. Adamian G., Jolos R., Nasirov A. — *Z. Phys. A* (in print).
64. Antonenko N., Cherepanov E., Nasirov A., Permjakov V., Volkov V. — *Phys. Lett. B*, 1993, v.320, p.324.
65. Lewitowich M., Ershov S., Gareev F. et al. — *Nucl. Phys. A*, 1993, v.562, p.301.
66. Artukh A., Ershov S., Gareev F. et al. — JINR, E7-93-74, Dubna, 1993.
67. Kamalov S.S., Tiator L., Bennhold C. — *Phys. Rev. C*, 1993, v.47, p.941.
68. Пуньшев В.В., Ракитянский С.А. — *ЯФ*, 1993, т.56, с.46.
69. Burov V.V., Dorkin S.M., De Pace A., Saracco P. — *Europhysics Lett.*, 1993, v.24(6), p.443.
70. Nikolaev V.A., Nikolaeva R.M., Tkachev O.G. — *J. of Nucl. Phys. G*, 1993, v.56, p.173.
71. Kamper B., Titov A.I., Bratkovskaya E.L. — *Phys. Lett. B*, 1993, v.301, p.123; Reports at International School-Seminar'93 «Hadrons and Nuclei from QCD», Tsuruga (Japan) — Vladivostok

- (Russia), August 1993, and International Conference «Dubna. Deuteron-93», Dubna, September 1993.
72. Toneev V.D., Gudima K.K. — Preprint GSI-93-52, Darmstadt, 1993.
 73. Hayn R., Yushankhai V., Lovtsov S. — *Phys. Rev. B*, 1993, v.47, p.5253.
 74. Plakida N., Hayn R. — JINR Preprint E17-93-207, Dubna, 1993; *Z. Phys.* (in press); Plakida N. — Invited talk at the Intern. Seminar on Cooperative Phenomena in Many-Body Systems in Physics, Bad Honnef, September 1993.
 75. Ковачевич Ж., Плакида Н.М. — *Письма в ЖЭТФ*, 1993, т.57, с.238.
 76. Buzatu F.D. — JINR Preprint E17-93-344, Dubna, 1993; *Phys. Rev. B* (in press).
 77. Drechsler S.-L., Galbaatar T. — *Zeit. Phys.* (submitted).
 78. Svetogorsky D. — Report at the XIII General Conference of the Condensed Matter Division, European Physical Society, Regensburg, Germany, March 29 — April 2, 1993; Applied «Crystallography» (submitted).
 79. Suzko A.A. — «Multidimensional and three-body inverse scattering problems in the adiabatic representation». *Lecture Notes in Physics*, 1993, v. 427, Springer-Verlag, Heidelberg.
 80. Ivanova T.A., Popov A.D. — *J. Math. Phys.*, 1993, v.34, p.674; Ivanova T.A. — Talk at the Third International Wigner Symposium, Oxford, England, 1993.
 81. Priezzhev V.B. — Accepted in «*J. Stat. Phys.*»; Brankov J.G., Ivashkevich E.V., Priezzhev V.B. — *J. Phys. I. (France)*, 1993, v.3, p.1729.
 82. Zagrebnov V.A., Verbeure A. — *Rep. on Math. Phys.*, 1993, v.33, p.265.
 83. Inozemtzev V.I. — *Lett. Math. Phys.*, 1993, v.28, p.281; *J. Phys. A*, 1993, v.26, p.L999; *J. Phys. A*, 1993, v.26, p.L753.
 84. Shanenko A.A., Yukalova E.P., Yukalov V.I. — *Physica A*, 1993, v.197, p.629; *Nuov. Cim. A*, 1993, v.106 (in press).
 85. Dubovik V.M., Shabanov S.V. — In: *Essays on the Formal Electromagnetic Theory*, ed. A. Lakhtakia, World Scientific, Singapore, 1993, p. 399; Дубовик В.М., Марценюк М.А., Марценюк Н.М. — *ЭЧАЯ*, 1993, т.29, с.1056.
 86. Verbist G., Smondyrev M.A., Peeters F.M., Devreese J.T. — *Phys. Rev. B*, 1993, v.47, p.2596.
 87. Kochetov E.A. — *J. Phys. A*, 1993, v.26, p.3489; *Phys. Lett. A*, 1993, v.180, p.383; Report at the International Conference «Superconductivity and Strongly Correlated Electron Systems», Amalfi, Italy, October, 1993.
 88. Osipov V.A. — *Phys. Lett. A*, 1993, v.175, p.65; *J. Phys. A*, 1993, v.26, p.1375.
 89. Plechko V.N., Sobolev I.K. — *Physica A*, 1993, v.197, p.323.
 90. Chizhov A.V., Murzakhmetov B.K. — *Phys. Lett. A*, 1993, v.176, p.33; Report at the 3rd International Workshop on Squeezed States and Uncertainty Relations, Baltimore, USA, August, 1993.
 91. Aliskenderov E.I., Ho Trung Dung, Knoll L. — *Phys. Rev. A*, 1993, v.48, p.1604.
 92. Chizhov A.V., Govorkov B.B. and Shumovsky A.S. — *Mod. Phys. Lett. B*, 1993, v.7, p.1233.
 93. Yarunin V.S. — *Physica A*, 1993, v.197, p.260.

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

В 1993 году исполнилось 40 лет со времени основания Лаборатории высоких энергий. Основу научной программы в настоящее время составляют исследования взаимодействий релятивистских ядер. Эксперименты нацелены на поиск и изучение кварк-глюонных степеней свободы в ядрах и спиновых эффектов на пучках ускорительного комплекса синхрофазотрон — нуклотрон ЛВЭ [1] (рис.1) и других физических центров (SPS, RHIC, LHC).

В Лаборатории высоких энергий введен в действие первый сверхпроводящий ускоритель ядер на высокие энергии — нуклотрон. Он позволит получать пучки релятивистских ядер и многозарядных ионов с энергией до 6 ГэВ/нуклон. На новом ускорителе запланирована широкая программа исследований, основным направлением

которых является изучение особенностей атомных ядер, выходящих за рамки протон-нейтронной модели ядра, и построение физической картины ядерной материи на языке кварков и глюонов. Начало этим исследованиям было положено в 1971 г. на дубненском синхрофазотроне, когда впервые были получены пучки релятивистских дейтронов. В 1994 г. продолжатся работы по комплексу медленного вывода пучка из кольца нуклотрона и планируются первоочередные физические эксперименты на внутренней мишени нуклотрона.

Ввод в действие нуклотрона является крупным научно-техническим достижением коллектива ЛВЭ. Он имеет важнейшее значение для развития исследовательской базы ученых из стран-участниц ОИЯИ.

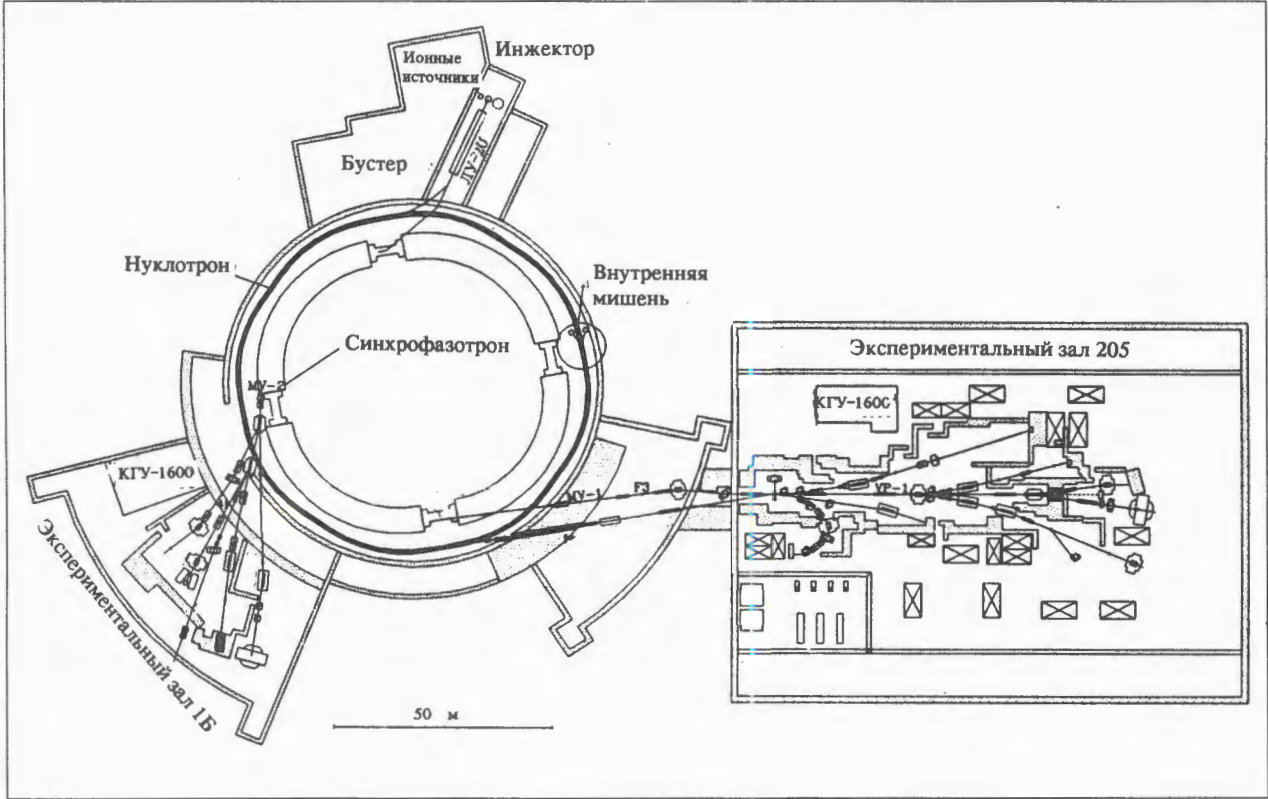


Рис. 1. План ускорительного комплекса ЛВЭ

Синхрофазотрон — знаменитый ускоритель, и ныне функционирующий, — по-прежнему привлекает физиков всего мира, заинтересованных в работе на пучках релятивистских ядер и поляризованных дейтронов [3]. Активная работа на пучках старой машины позволит сохранить сложившееся сообщество физиков и развитые экспериментальные установки к моменту полного ввода нуклотрона. При таком плавном переходе потенциал нового ускорителя будет использован для исследований с самого начала.

РАЗВИТИЕ УСКОРИТЕЛЬНОЙ БАЗЫ

НУКЛОТРОН

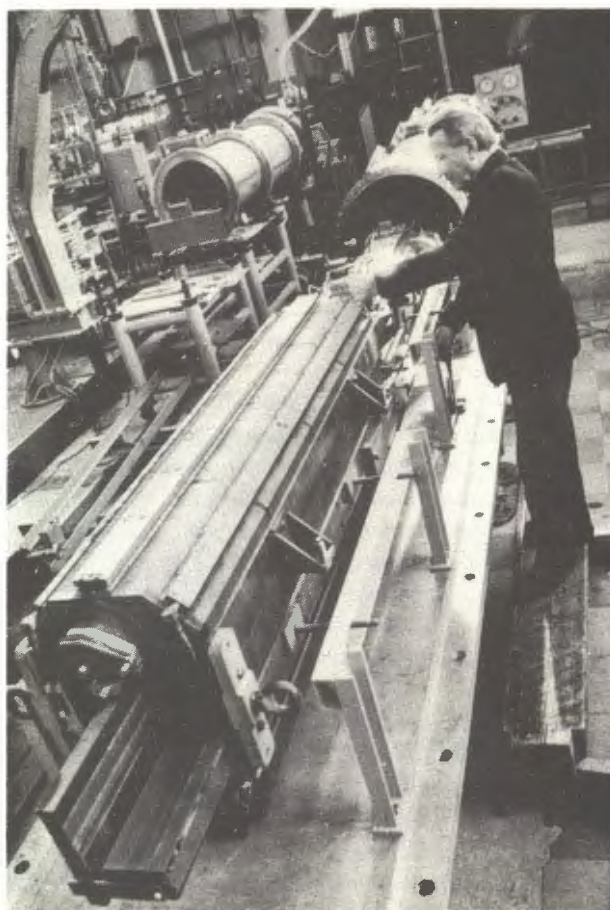
К концу 1992 г. кольцо нуклотрона было полностью собрано в технологическом тоннеле синхрофазотрона и прошло вакуумные испытания. Основной задачей в 1993 г. стала работа по адаптации ускорителя — сложного криогенного комплекса — для работы с внутренним пучком.

Кольцо нового ускорителя имеет периметр 251 метр и вес около 80 тонн. Магнитную систему синхротрона составляют 96 дипольных магнитов и 64 квадрупольные линзы, которые охлаждаются жидким двухфазным гелием. Основу криогенного комплекса составляют три ожижителя типа КГУ-1600/4,5 производительностью 500 литров в час [2,7].

17 марта было начато охлаждение кольца. За 100 часов во всех элементах были достигнуты температура 4,5 К, вакуум в камере ускорителя 10^{-9} — 10^{-10} торр. Надежность работы системы криообеспечения составила свыше 98%. Полученный опыт позволяет рассчитывать на сокращение времени охлаждения примерно в два раза.

Диполи и линзы были запитаны постоянным током 90 А. Затем пучок дейтронов с энергией 5 МэВ/нуклон был инжектирован в вакуумную камеру нуклотрона, и началась работа по проводке пучка. 26 марта зарегистрированы первые обороты пучка в кольце. В ходе этих работ в течение 12 часов успешно прошла испытания ускоряющая высокочастотная станция при напряжении 8 кВ, частоте 0,6 МГц.

С 26 июня по 6 июля состоялся второй сеанс работы на нуклотроне. С самого начала работы была получена устойчивая циркуляция пучка дейтронов при энергии инжекции 5 МэВ/нуклон и интенсивности около 10^9 в цикл. После дополнительной настройки магнитной системы время циркуляции превысило 100 мс при интенсивности не менее 80% от начальной. Затем были



Испытательный стенд систем вывода пучков из нуклотрона

отлажены параметры циклов питания магнитов и линз в динамическом режиме и настроен режим ускорения. В соответствии с программой сеанса достигнута энергия 200 МэВ/нуклон. Параметры пучка независимо контролировались как по показаниям с пикап-электродов, так и по свечению от взаимодействия пучка с веществом внутренних мишеней.

- Физические группы спектрометра ядер отдачи и сотрудничества СФЕРА выполнили первые измерения спектров вторичных частиц от ядерных реакций, вызванных ускоренными дейтронами [4].

15 декабря завершился третий, длившийся тринадцать суток, сеанс адаптации нуклотрона. Этот сеанс, так же как и два предыдущих, оказался весьма успешным. Основные цели программы работы достигнуты. Получен ряд новых результатов по режимам работы нуклотрона:

- Впервые опробован режим инжекции и ускорения ядер углерода. В цикле длительностью более 0,6 секунды интенсивность ускоренного пучка составила 10^9 ядер/цикл.

- Впервые получен, ускорен в линейном ускорителе и инжектирован в камеру нуклотрона пучок ионов $^{84}\text{Kr}^{29+}$.

- Опробованы в рабочем режиме две ускоряющие станции. Совместное их включение обеспечивает работу при темпе набора энергии, близкой к проектной.

- Основное внимание было уделено тщательной проверке и отладке защит магнитов и линз, питания их током и изучению различных режимов работы криомагнитной системы.

- Прошедший сеанс еще раз показал высокую надежность системы криогенного обеспечения нуклотрона и, что очень важно, повторяемость и воспроизводимость режимов настройки динамики пучков.

Итак, в 1993 г. удалось, привлекая внебюджетные средства, обеспечить проведение трех сеансов работы на нуклотроне общим объемом около 800 часов из запланированных 2000 часов. Вместе с тем их результаты позволяют сегодня вполне обоснованно планировать в 1994 г. физические эксперименты на внутренней мишени нуклотрона.

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ РАБОТЫ

МНОЖЕСТВЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ В СОУДАРЕНИЯХ РЕЛЯТИВИСТСКИХ ЯДЕР

Сотрудничество СФЕРА. Одним из твердо установленных свойств спектров вторичных частиц, образованных при фрагментации ядер, является переход к асимптотическому поведению, начиная с энергии соударения около 4 А ГэВ, при которой достигается разность скоростей между сталкивающимися ядрами $\Delta u = 2$. При этом инвариантные дифференциальные сечения, представленные в зависимости от релятивистски-инвариантных масштабных переменных, становятся слабозависящими от энергии соударения и типа сталкивающихся адронов и ядер.

Картина предельной фрагментации должна быть подвергнута систематической проверке в ядро-ядерных соударениях при одновременном измерении множественности вторичных частиц. Это дает возможность сравнить инклюзивные спектры вторичных частиц при различных степенях неупругости реакции и приступить к интерпретации процессов ядро-ядерных соударений в терминах числа взаимодействовавших нукло-

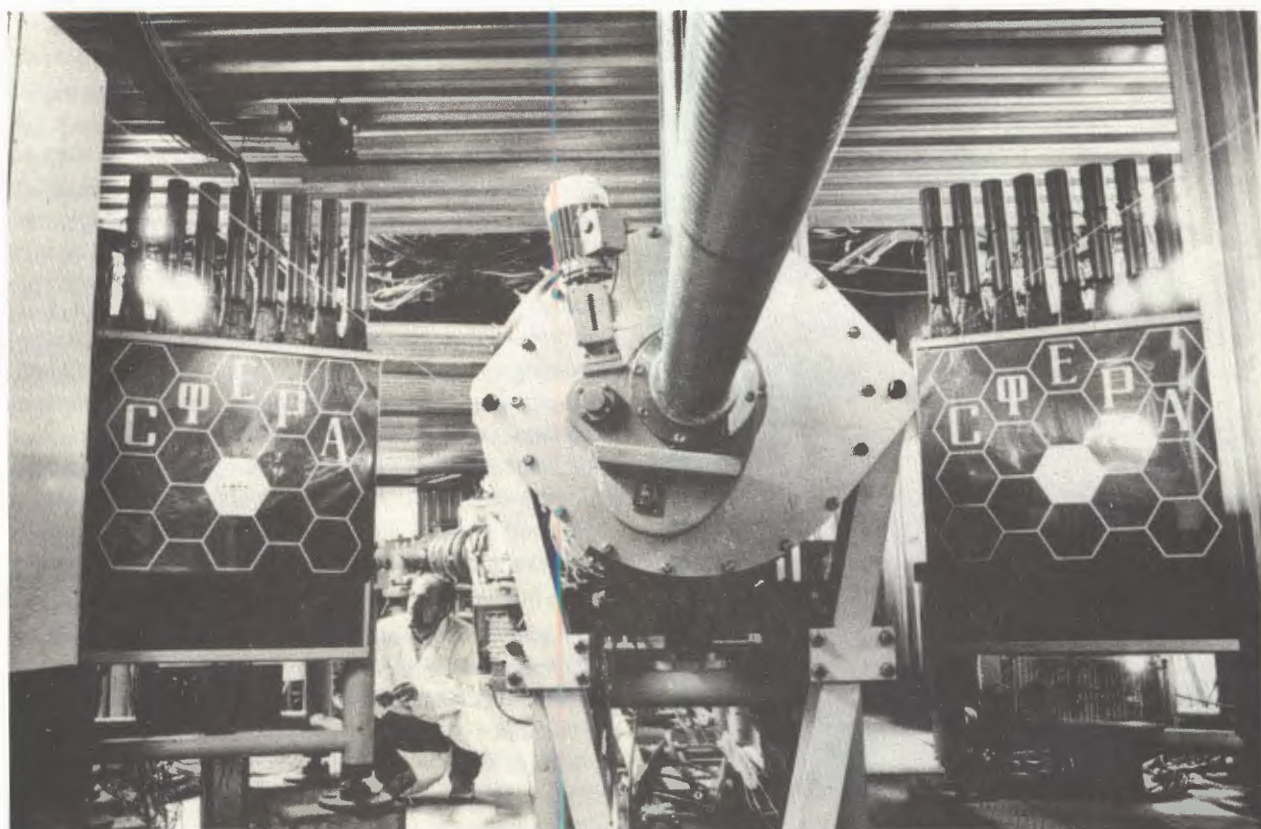
СИНХРОФАЗОТРОН

В январском сеансе работы на синхрофазотроне впервые были ускорены ядра серы до энергии 3,65А ГэВ [6]. Источником ядер служил электронно-лучевой ионизатор «Крион-С». Интенсивность пучка на выходе линейного ускорителя-инжектора составила $(3+5) \cdot 10^6$ ядер в цикл, а ускоренного до максимальной энергии — $(3+4) \cdot 10^3$. Для уменьшения потерь пучка в камере синхрофазотрона использована система криогенной откачки, охлаждаемая жидким гелием от штатного гелиевого ожижителя нуклотрона. Физическая программа сеанса включала облучение пластиковых трековых детекторов в рамках соглашения с Университетом в Зигене (ФРГ), фотоэмульсионных камер, а также мишеней для Университета в Марбурге (ФРГ).

Интерес к пучкам ускорительного комплекса ЛВЭ возрос в 1993 г. и в связи с проработкой ядерно-физических аспектов электроядерного метода генерации энергии и трансмутации радиоактивных отходов [9]. Обзор экспериментальных результатов и концепция гибридной энергоцентрали «ускоритель + реактор» даны в последней работе проф. К.Д.Толстова [8].

нов, прицельного параметра соударения и других параметров, соотносящихся с теоретическими моделями. В частности, полуэксклюзивный подход дает дополнительную возможность проверить идеи о кварковой природе механизма генерации кумулятивных π -мезонов по экспериментальной оценке длины формирования пионов или параметров цветовой прозрачности ядерной материи.

Зависимость от ядра-мишени фрагментации ядер углерода с импульсом 4,5А ГэВ/с была изучена для пионов, рожденных под нулевым углом с импульсами $P_z^{\pi^-} > 3$ ГэВ/с, или $X_I > 1$ ($X_I \approx P_z^{\pi^-}/P_{\text{beam}}$), на переднем спектрометре установки СФЕРА [10—12]. Это соответствует процессу, когда более чем один нуклон передает свою кинетическую энергию пиону. Не наблюдается значительных эффектов изменения формы спектров для CC- , CPb- и Sp- соударений по отношению к инклюзивным спектрам, несмотря на рост множественности реакции (рис.2). Возможно, это проявление цветовой прозрачности ядерной среды для кумулятивных пионов, произошедших от «сверхбыстрых» кварков.



Подготовка электромагнитного калориметра СФЕРА к эксперименту на внутренней мишени нуклотрона

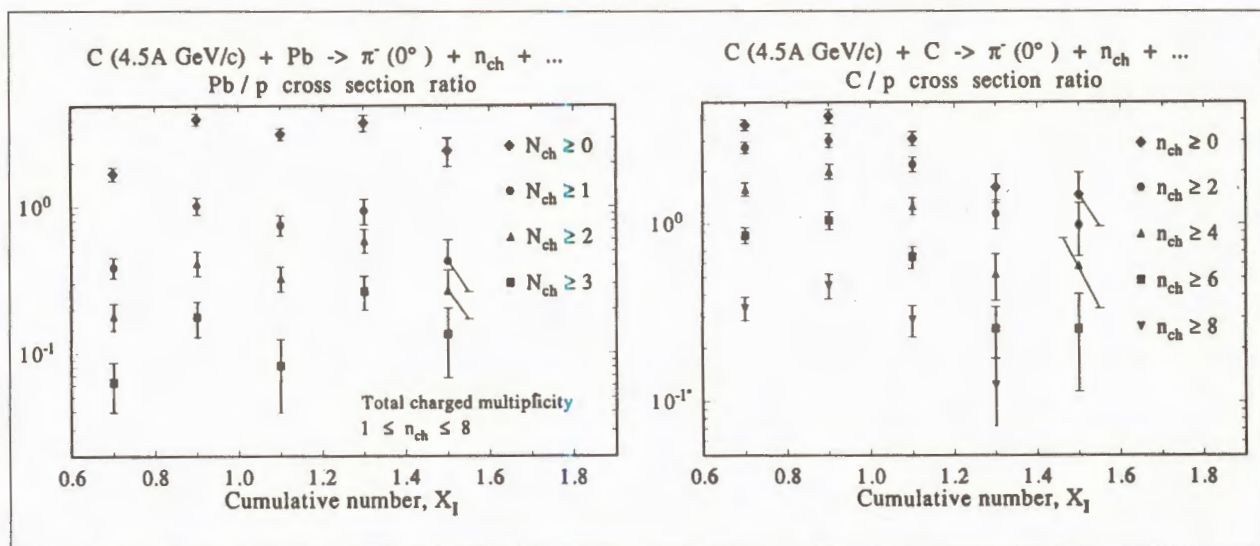


Рис. 2. Отношение спектров пионов от фрагментации ядер углерода на свинце и углероде к инклюзивному спектру на мишени из водорода при различных ограничениях на жесткую зарядовую множественность реакции N_{ch} ($P_T > 600 \text{ МэВ/с}$ для протонов) [12]. Экспериментальные данные с переднего спектрометра установки СФЕРА

Во время июльского сеанса группами СФЕРА и СЯО выполнены первые измерения продуктов ядерных реакций на внутренней мишени нуклотрона (рис.3). Пучок дейтронов был ускорен до энергии 200 МэВ/нуклон [4,14], и с помощью

$\Delta E-E$ методики были идентифицированы вторичные протоны и дейтроны (рис.4).

Сотрудничеством СФЕРА и группой ИЯИ РАН создается многоканальный электромагнитный калориметр на кольце нуклотрона для

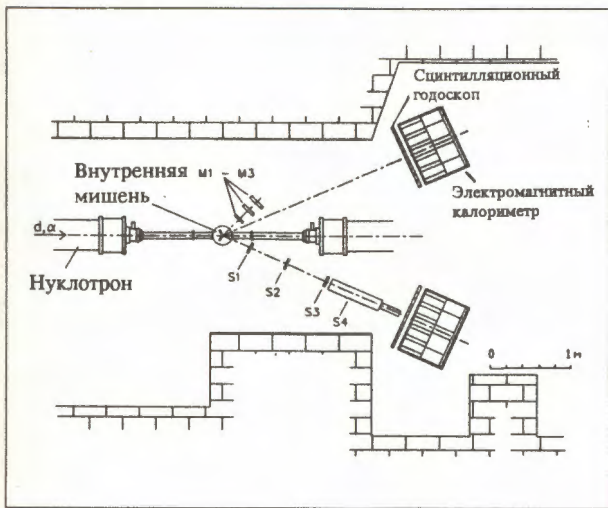


Рис.3. Схема расположения на внутреннем пучке нуклотрона двухплечевое электромагнитный калориметра и $\Delta E-E$ телескопа

изучения энергетических зависимостей рождения псевдоскалярных и векторных мезонов в ядро-ядерных взаимодействиях. Предполагается исследовать процессы, в которых флуктоны из двух сталкивающихся ядер играют доминирующую роль (дважды кумулятивный эффект) [5,13], в частности подпороговое образование J/ψ -, ρ -, ω -, φ -, η -, K -мезонов и лептонных пар в ядро-ядерных соударениях.

Эксперимент ФОТОН-МАССЕР. Обработаны и проанализированы экспериментальные данные по инклюзивному образованию π^0 -мезонов в реакциях $C + (C, Cu) \rightarrow \pi^0 + X$ при импульсе 4,5А ГэВ/с (рис.5). Получено инвариантное сечение инклюзивного образования π^0 -мезонов в зависимости от кумулятивного числа X и поперечного импульса $P_{\perp}^2$. Цель исследований — получение новой информации о механизме кумулятивного эффекта в процессах рождения адронов в ядро-ядерных взаимодействиях. Особенностью данной постановки является возможность измерения в одном эксперименте π^0 -мезонов в широком интервале поперечных импульсов. Для области фазового объема $E_{\pi^0} \geq 2$ ГэВ, $\theta_{\pi^0} \leq 16^\circ$ (л.с.) измерены инвариантные сечения образования π^0 -мезонов в зависимости от $P_{\perp}^2$ и кумулятивного числа X в пределах $0,1 \leq P_{\perp}^2 \leq 0,8$ (ГэВ/с)² и $1,0 \leq X \leq 2,0$. Для указанных интервалов зависимость инвариантного сечения от атомной массы ядра-мишени представлена в виде $\sigma \sim A_T^n$. Среднее значение показателя степени составляет

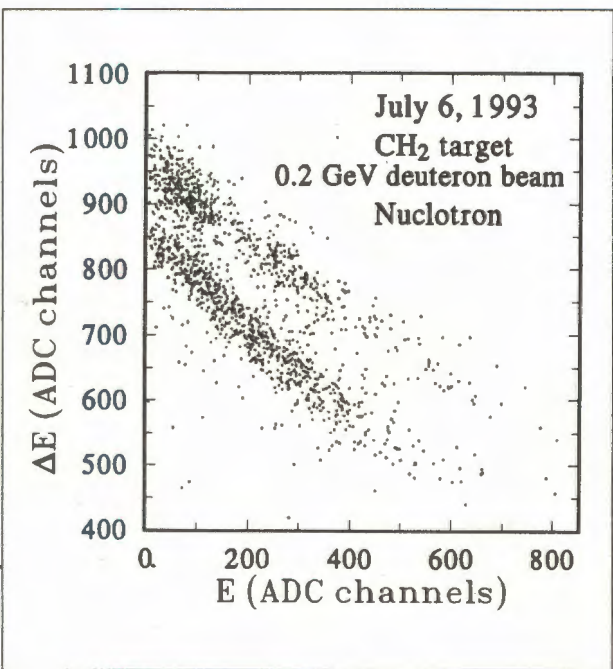


Рис. 4. Спектр $\Delta E-E$ вторичных частиц от ядерных реакций во внутренней мишени нуклотрона [14]

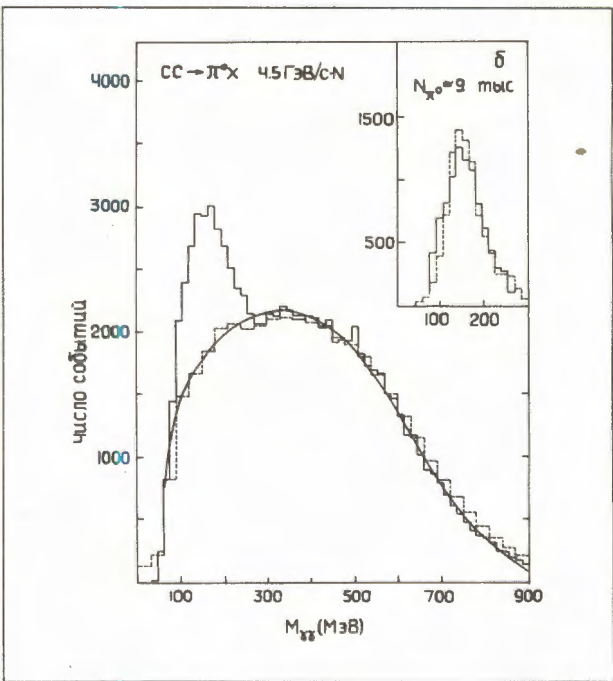


Рис. 5. Спектр инвариантных масс пар γ -квантов, зарегистрированных в углерод-углеродных взаимодействиях при 4,5 А ГэВ/с. Виден отчетливый вклад от распадов π^0 -мезонов. (Обработка данных с установки ФОТОН-МАССЕР)

$n = 0,36 \pm 0,02$. Из анализа данных для реакций $C + A_T \rightarrow \pi^0 + X$ и $\alpha + A_T \rightarrow \pi^0 + X$ определена зависимость инвариантного сечения от атомной

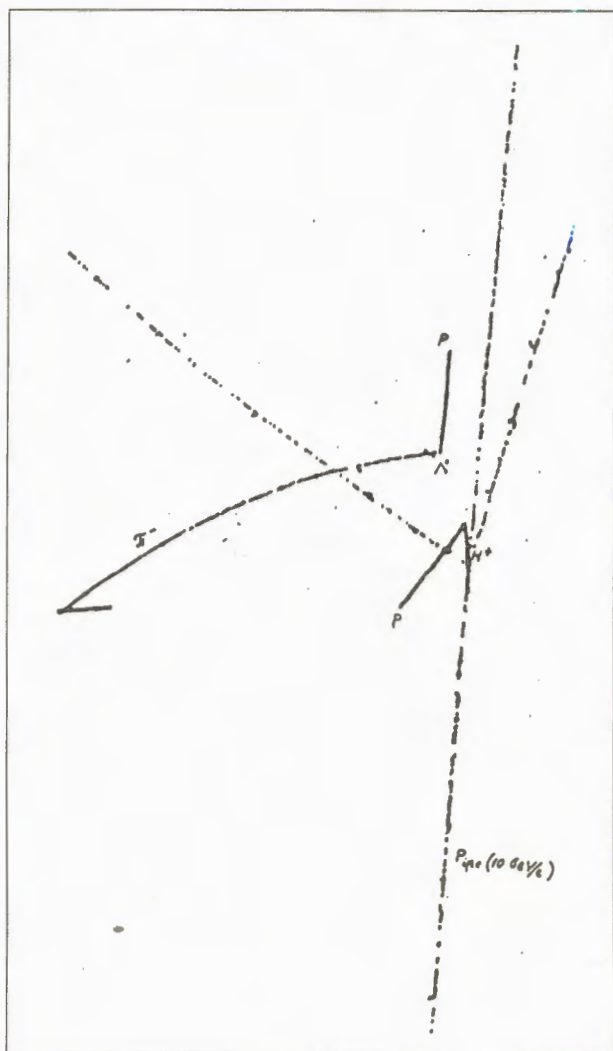


Рис. 6. Еще одно событие, интерпретируемое как стабильный дибарион H^+ , идентифицировано на материале с пропановой пузырьковой камеры

массы ядра-снаряда. Наблюдается сильная зависимость степени m ($\sigma \sim A_B^m$, $A_B = \alpha$, C) от X : $m \cong 1,0$ при $X \sim 1$ и достигает значения $m \cong 2,0$ при $X = 1,9$.

Поиск стабильных дибарионов. На материале с пузырьковой пропановой камеры обнаружено еще два события, содержащих кандидатов в стабильные положительные дибарионы со странностью $S = -2$ и массой около $(2392,6 \pm \pm 23,6)$ МэВ/с (рис.6). Продолжительности жизни по модам слабого распада $H^+ \rightarrow p + \pi^0 + \Lambda$, $\Lambda \rightarrow p + \pi^-$, $H^+ \rightarrow p + \Lambda$, $\Lambda \rightarrow p + \pi^-$ составляют в этих событиях 0,26 и более 0,047 нс соответственно [21,22].

Сотрудничество ГИБС. В 1993 г. на установке ГИБС продолжались исследования возбуждения Δ -изобары [19] в реакции $Mg(t, {}^3\text{He})$. Ввиду

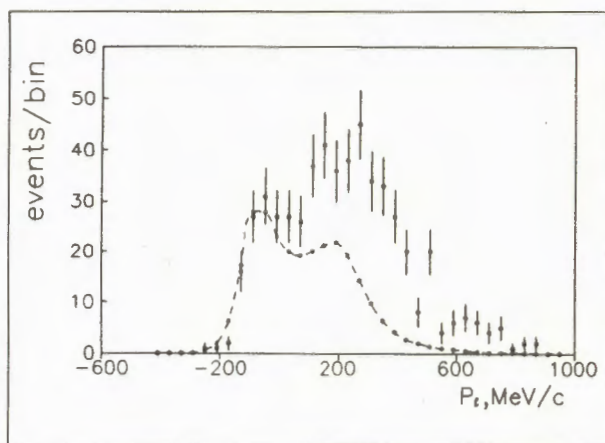


Рис. 7. Спектры продольных импульсов пионов — P_π^l со стримерной камеры ГИБС: $\bullet$ — эксперимент, $\times$ — расчет для рождения изобары на квазисвободном нуклоне в ядре магния. Энергия связи Δ -изобары в ядре Mg оценена в 40 МэВ [20]

сложности процесса необходимо не только выявить все возможные каналы реакции, но и оценить интенсивность каждого. Стримерная камера ГИБС является 4π -детектором, обеспечивающим преимущество для решения этой проблемы — получение неискаженных спектров без введения модельно зависимых поправок.

В [20] оценена вероятность рождения Δ -изобары на квазисвободном нуклоне ядра-мишени. С этой целью сравнивались спектры продольных импульсов пионов, полученные в эксперименте и рассчитанные в предположении квазисвободного рождения Δ -изобары. Ожидалось, что в канале с одним π^- -мезоном ($t + Mg \rightarrow {}^3\text{He} + \pi^- + \dots$) квазисвободные Δ -изобары могут составить до 90%. Оказалось, однако, что в этом канале (вероятность самого канала с одним π^- равна $0,380 \pm 0,016$) не более 50% пионов рождены распадом квазисвободной изобары (рис.7). Неожиданно также и то, что правую часть пионного спектра нельзя описать известными механизмами реакции (предварительный результат).

СТРУКТУРА МАЛОНУКЛОННЫХ СИСТЕМ

На синхрофазотроне ОИЯИ в 1993 году было проведено два сеанса с пучками поляризованных дейтронов. Экспериментальные исследования на пучке векторно и тензорно поляризованных дейтронов провели три группы физиков: коллаборация АЛЬФА (ОИЯИ — Болгария — Россия — Украина — США), коллаборация АНОМАЛОН (ОИЯИ — Польша — Россия — Япония) и группа СМС МГУ (Россия). Впервые интенсивность пучка достигла $5 \cdot 10^9$ дейтронов в цикл, что поз-



Профессор Ч.Пердрисат (СЕБАФ) обсуждает предварительные результаты сеанса на поляризованных дейтронах с участниками коллаборации АЛЬФА из США, России и Украины

волило выполнить основную часть запланированных измерений. Участники экспериментов из США и Японии внесли финансовый вклад в проведение этих измерений, работы поддерживались также Российским фондом фундаментальных исследований.

В сентябре в Дубне был проведен Международный симпозиум «Дейтрон-93», посвященный исследованию структуры дейтрона на малых межнуклонных расстояниях.

Сотрудничество АЛЬФА. Коллаборация АЛЬФА занимается исследованием структуры легких ядер на малых расстояниях, где ненуклонные степени свободы могут играть существенную роль [24,26,27]. 1993 год был, в основном, посвящен изучению дейтрона на поляризованных дейтронных пучках синхрофазотрона ОИЯИ и SATURNE (Сакле, Франция) [25] в рамках коллаборации физиков из Болгарии, Испании, Канады, России, США, Украины, Франции.

В Дубне были измерены [23] анализирующие способности T_{20} в упругом dp -рассеянии назад, $p(d,p)d$, в диапазоне внутренних импульсов $k = 0,35 \pm 0,8$ ГэВ/с, и в реакции фрагментации дейтрона на водороде, $p(d,p)X$, в диапазоне $k = 0 \pm 0,8$ ГэВ/с. В Сакле было изучено поведение

T_{20} и коэффициента передачи поляризации от дейтрона к протону в реакции $p(d,p)d$ при меньших энергиях.

В импульсном приближении в предположении о наличии в дейтроне только S - и D -волн упомянутые поляризационные характеристики имеют одинаковые выражения для обеих реакций. Сечение для реакции фрагментации пропорционально квадрату волновой функции дейтрона Φ^2 , а для реакции упругого дейтрон-протонного рассеяния назад — Φ^4 .

Значения квадратов волновых функций дейтрона, извлеченных ранее из экспериментальных данных по сечениям реакций упругого рассеяния назад (мировые данные) и развала дейтрона (Дубна), хорошо совпадают друг с другом. Однако более чувствительные поляризационные характеристики показывают заметную разницу в поведении для двух упомянутых реакций (на сегодняшний день пока только для T_{20}) (рис.8). Если данные по T_{20} в реакции фрагментации на водороде, так же как и опубликованные ранее данные в реакции на углероде, при больших k имеют тенденцию плавного выхода на асимптотику, предсказанную в рамках КХД, то аналогичные данные

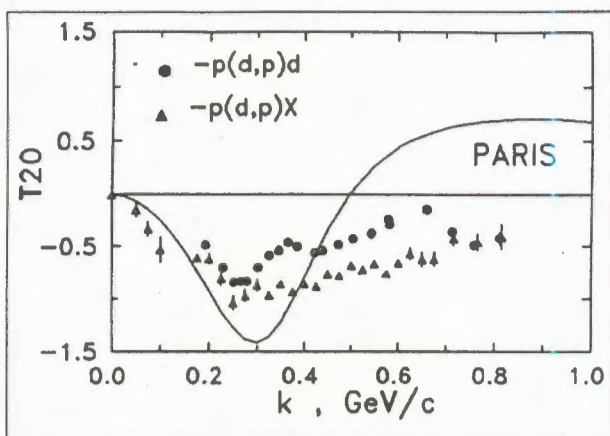


Рис. 8. Данные сотрудничества АЛЬФА по тензорной анализирующей способности T_{20} в реакции дейтрон-протонного упругого рассеяния назад $p(d, p)d$, полученные в 1993 г. в Дубне и Сакле, и в реакции фрагментации дейтрона на водороде $p(d, p)X$, полученные в октябре 1993 г. в Дубне [25]. Сплошная линия — предсказания парижского NN -потенциала в импульсном приближении

в реакции упругого dp -рассеяния имеют тонкую структуру в диапазоне $k = 0,2+0,75$ ГэВ/с, и только в интервале $k = 0,75+0,8$ ГэВ/с возможна та же тенденция, что и в реакции фрагментации. Обнаруженный эффект ранее не был предсказан.

Было продолжено измерение коэффициента передачи поляризации от дейтрона к протону в реакции фрагментации дейтрона на углероде; верхний предел по внутреннему импульсу поднят до $k = 0,58$ ГэВ/с.

В процессе проведения упомянутых экспериментов было осуществлено пробное измерение T_{20} в неупругой реакции $p(d, d')X$ под нулевым углом в области передач энергий, достаточных для рождения одного или двух пионов и возбуждения нуклонных резонансов: Δ и $N(1440)$. Была обнаружена заметная чувствительность этой реакции к тензорной поляризации дейтрона: ее анализирующая способность $T_{20} \sim -0,4$.

В 1994 году планируются:

- измерения T_{20} в реакции упругого dp -рассеяния назад в окрестности $k \approx 0,6$ ГэВ/с (для уточнения тонкой структуры) и продвижение к рекордным значениям внутреннего импульса, до $k \approx 0,9$ ГэВ/с (для подтверждения выхода на асимптотику);
- измерения T_{20} в реакции $H(d, d')X$ с целью выяснения механизма рождения резонансов;
- измерение коэффициента передачи поляризации от дейтрона к протону в реакции фрагментации дейтрона с выходом на значение внутреннего импульса, близкого к 0,7 ГэВ/с.

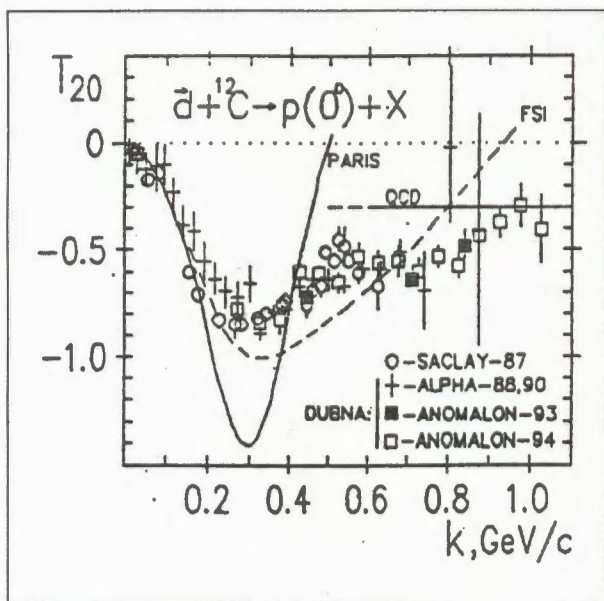


Рис. 9. Результаты с установки АНОМАЛОН по T_{20}

Установка АНОМАЛОН. Коллаборация АНОМАЛОН проводит исследования спиновой структуры дейтрона в области кора дейтрона, т.е. при больших относительных импульсах нуклонов в дейтроне. Исследования базируются на использовании пучка поляризованных дейтронов ЛВЭ с импульсом до 9 ГэВ/с и широкоапертурного поляриметра АНОМАЛОН для измерения поляризации протонов от развала дейтронов [28—32].

В 1993 г. завершена обработка данных по измерению коэффициента передачи поляризации κ в реакции стриппинга релятивистских поляризованных дейтронов при внутренних импульсах до $k = 550$ МэВ/с (рекордное на сегодня значение k в экспериментах такого типа). Совместно с японской группой из университетов г. Нагоя и г. Миядзаки проведен сеанс по измерению тензорной анализирующей способности T_{20} этой реакции на углеродной мишени. В измерении T_{20} удалось продвинуться до $k = 1$ ГэВ/с, что соответствует кинематическому пределу в реакции рассеяния дейтрона на протоне (при 8,7 ГэВ/с) (рис.9).

В импульсном приближении анализ поведения T_{20} и κ при высоких значениях k позволяет выделить вклад S - и D -состояний в волновую функцию дейтрона (DWF) в области кора и получить экспериментальную основу для разработки способов учета релятивистских эффектов в DWF. Однако, как показывает сравнение результатов расчетов и эксперимента, упрощенные модельные подходы, основанные на рассмотрении только спектаторного механизма и игнорирующие взаимодействия в конечном состоянии и

кварковые степени свободы, не в состоянии объяснить поведение спиновых наблюдаемых при больших значениях внутридейтронных импульсов.

Водородная пузырьковая камера. В течение 1993 г. продолжались обработка и накопление данных по эксперименту в пучке векторно поляризованных дейтронов на установке УПК. Проводился анализ результатов по Op -, Ne - и dp -экспериментам (рис.10) [33,34]. Сделано сравнение топологий выхода вторичных фрагментов в кислород-протонных взаимодействиях с каскадной фрагментационно-испарительной моделью (КФИМ). Наблюдаются существенные расхождения, свидетельствующие о несовершенстве модели. В том же эксперименте получены новые данные по относительному выходу изотопов легких ядер при фрагментации ядра кислорода.

Изучались дейтрон-дейтронные и протон-протонные корреляции во взаимодействиях ядер гелия с протонами [35]. Сильные пространственные корреляции между вылетающими протонами при малых относительных импульсах согласуются с теоретическими расчетами в предположении их независимого испускания. Характерные пространственные размеры гауссова источника составили около $(1,0 \pm 0,2)$ фм для ядра ${}^4\text{He}$ и $(1,5 \pm 0,2)$ фм для ядра ${}^3\text{He}$.

Установка ДИСК. Получены предварительные результаты обработки по импульсным и угловым спектрам кумулятивных π^+ -мезонов и протонов в реакции $pD \rightarrow \pi^+ X$ для импульсов налетающего протона $k_p = 4,45$ и $k_p = 8,9$ ГэВ/с и углов регистрации $\theta = 90^\circ$ и $\theta = 168^\circ$ [36]. Установлено, что скейлинговое поведение (независимость параметра наклона от энергии в переменной Ставинского) рождения вторичных пионов на ядрах дейтерия в кумулятивной области ($X > 1$) наблюдается уже при импульсе начального протона $k_p = 4,45$ ГэВ/с, что значительно раньше, чем для тяжелых ядер.

Проверена гипотеза о факторизации сечения в переменных X , θ в кумулятивной области. Установлено, что в этих переменных имеется приближенная факторизация сечения, и определен параметр наклона $\langle X \rangle^{-1} = 9,9 \pm 0,9$. В импульсном спектре π^+ -мезонов процесса $pD \rightarrow \pi^+(90^\circ)X$ при $k_p = 4,45$ ГэВ/с обнаружен наплыв. Предполагается, что он связан с рождением Δ -изобар. Получен импульсный спектр рождения протонов в реакции $pD \rightarrow p(90^\circ)X$ при $k_p = 4,45$ ГэВ/с. Сравнение с результатами расчетов в рамках релятивистского импульсного приближения показало, что спектаторный механизм доминирует в жесткой части спектра ($q > 0,7$ ГэВ/с) и суще-

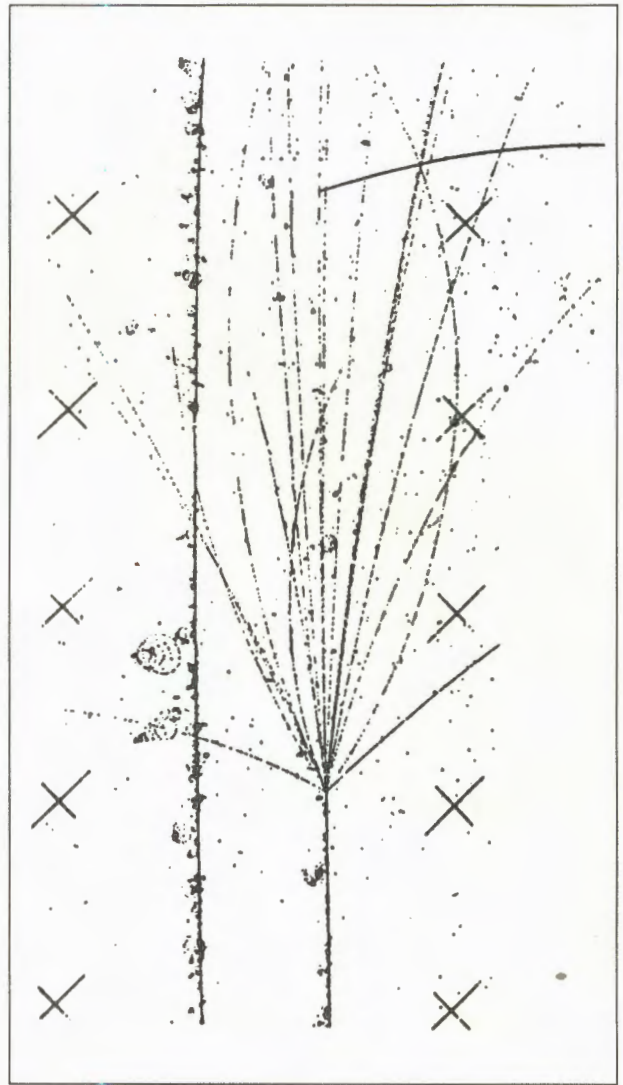


Рис. 10. Полная фрагментация ядра фтора на протоне в водородной пузырьковой камере

нен вклад неспектаторного механизма в мягкой части спектра ($q < 0,7$ ГэВ/с).

Рассмотрен процесс глубоконеупругого рассеяния поляризованных мюонов на векторно поляризованных дейтронах в рамках ковариантного подхода в переменных светового конуса [37—41]. На основе релятивистской волновой функции дейтрона с одним нуклоном на массовой оболочке вычислена спинзависимая структурная функция $g_1^D(x, Q^2)$. Показано, что эффект релятивистского ферми-движения, описываемый отношением структурных функций $R_g^{D/N} = g_1^D/g_1^N$ в области $x = 10^{-3} \pm 0,7$, $Q^2 = 1+80$ (ГэВ/с)² составляет $\sim 9\%$. Получена оценка ядерной поправки $(\delta S_{Bj}/S_{Bj} \sim \sim 11+16\%)$ для интеграла Бьеркена $S_{Bj}(x, Q^2)$. Результаты расчетов $g_1^D(x, Q^2)$

сравниваются с экспериментальными данными коллаборации SMC. Обосновывается, что ядерный эффект должен учитываться при извлечении спинзависимой структурной функции нейтрона $g_1^n(x, Q^2)$ из данных по g_1^p и g_1^D . Рассмотрен процесс глубоконеупругого рассеяния лептонов на неполяризованном дейтроне в рамках ковариантного подхода в переменных светового конуса. В релятивистском импульсном приближении вычислена структурная функция $F_2^D(x, Q^2)$. С использованием релятивистской функции дейтрона из экспериментальных данных по протону и дейтрону извлечена нейтронная структурная функция $F_2^n(x, Q^2)$. Показано, что эффект релятивистского ферми-движения в дейтроне достигает ~6% при $x = 0,7$. Извлеченная структурная функция нейтрона $F_2^n(x, Q^2)$ использовалась для проверки правила сумм Готтфрида. Установлено, что основной вклад в интеграл Готтфрида $S_G(x, Q^2)$ вносит область больших x и малых Q^2 . С ростом Q^2 величина $S_G(x, Q^2)$ уменьшается, что противоречит простой кварк-партонной модели.

Подготовлено дополнение к поляризационной программе по исследованию ядерных хромодинамических эффектов при взаимодействии поляризованных протонов с ядрами на сооружаемом коллайдере RHIC [42,43].

РАЗВИТИЕ МЕТОДИКИ ЭКСПЕРИМЕНТА

Внутренняя мишень нуклотрона. Линейный участок нуклотрона со станцией внутренних мишеней представляет собой автономную физическую установку со своей независимой системой вакуумной откачки. При этом она может функционировать и как элемент ионопровода нуклотрона, и независимо от него при выключенном ускорителе. Независимая вакуумная откачка и съемная конструкция станции позволяют достаточно оперативно менять функциональные возможности этой установки, без воздействия на вакуумную и криогенную системы остальных участков нуклотрона. При этом могут быть осуществлены монтаж очередной партии мишеней или образцов, подлежащих облучению на внутреннем пучке нуклотрона, а также полная замена станции для другого физического эксперимента. Таким образом, на данной установке возможно использование различных типов внутренних мишеней (фольговых, нитевидных, струйных, пучковых и др.), испытание новых методов диагностики пучка, а также проведение определенного класса экспериментов, аналогичных проводи-

мым на выведенном пучке в геометрии, близкой к 4л-геометрии.

Станция внутренних мишеней [14], используемая в первом эксперименте на нуклотроне, выполнена в виде двух пересекающихся цилиндров ионопровода и цилиндра с тремя мишенями, имеющего больший диаметр. Габариты станции, ее конструкция и толщина стенок (0,5 мм) оптимизированы для регистрации вторичных частиц внешними детекторами при максимально возможном телесном угле и с минимальными потерями. Фольговые мишени из CH_2 (толщиной 1,6 мкм), Cu (0,55 мкм) и Au (1,7 мкм) подвешены на кварцевых нитях диаметром 9 мкм в С-образных рамках, закрепленных вертикально на вращающемся с помощью шагового двигателя столике. Вывод всех рамок с мишенями из ионопровода, поиск необходимой для эксперимента мишени, а также контроль ее пространственного положения по отношению к оси ионопровода осуществляются с помощью электронно-оптического устройства, связанного с осью вращения столика и электронной системой управления двигателем. Это позволяет дистанционно и в нужный по отношению к началу цикла ускорения ионов момент времени вводить мишень в пучок на контролируемые глубину и время экспозиции.

Для контроля интенсивности и времени жизни t части пучка, взаимодействующей с мишенью, в эксперименте использовалось излучение материала мишени под воздействием ионов. Излучение регистрировалось через смотровое окно фотоэлектронным умножителем, а в вакууме — вторично-электронным умножителем на базе микроканальных пластин (ВЭУ-7). Полученные осциллограммы отражают временную структуру пучка, а спад интенсивности во времени хорошо согласуется с теоретическими оценками для используемых мишеней и энергии дейтронов ($E = 100$ МэВ/нукл., $t_{\text{CH}_2} = 17$ мс, $t_{\text{Cu}} = 1$ мс). При отладке режима ускорения нуклотрона (при отсутствии мишеней в ионопровode) эпизодически наблюдались сигналы излучения, соответствующие попаданию части пучка на стенку ионопровода мишенной станции.

Источник ПОЛЯРИС. В 1993 г. проведено два рабочих сеанса на синхрофазотроне с источником ПОЛЯРИС. Каждому сеансу предшествовала большая работа по сборке установки. Оба сеанса в техническом отношении прошли хорошо. Ускоренный пучок отличался стабильностью, интенсивность в последнем сеансе достигала значения $5 \cdot 10^9$ дейтр./имп. Коррекция магнитного профиля в зоне резонаторов атомных переходов с помощью специальных обмоток позволяет повышать значения поляризации пучка на 15—20%.

Продолжается изготовление и ведется сборка на стенде узлов нового ионизатора для источника ПОЛЯРИС, основанного на зарядово-обменной реакции.

В фазу экспериментов по экстракции пучка перешла работа по получению ультрахолодных поляризованных атомов водорода. В ряде экспериментов зафиксирован поток $\approx 10^{17}$ атомов/имп. Создан стенд для изучения вопросов получения поляризованного атомарного пучка водорода в случае криооткачки газа криопанелями ($T = 4\text{ K}$) в сочетании с турбомеханической системой откачки. Начаты эксперименты по детектированию пучка с целью показать, что криогенный тип источника целесообразен не только для дейтерия, как это доказано на примере ПОЛЯРИСа, но и для водорода.

Сверхпроводящий спектрометрический магнит. Выполнена серия экспериментов по запуску и испытаниям сверхпроводящего соленоида СПМС-1 для спектрометра СФЕРА. Внутренний диаметр нового соленоида равен 700 мм, внешний — 1500 мм. Длина криостата — 350 мм. Сверхпроводящая обмотка имеет систему косвенного охлаждения. В магнит заводился ток 640 А, что соответствует индукции в центре соленоида около 1,3 Тл. При токе 500 А магнит работает стабильно. Расход жидкого гелия составлял примерно 10 л/час. Испытания показали правильность конструкторских решений и работоспособность основных узлов. Проводятся доводка и испытания этого соленоида, позволяющего достигать величины поля в центре 2,2 Тл.

Продолжалась разработка другого, более крупного магнита СПМС-2 для спектрометра СФЕРА. Уточнены его геометрические параметры и требования к магнитному полю. Проведены



Сверхпроводящий соленоид — один из элементов центрального детектора спектрометра СФЕРА

расчеты по оптимизации геометрии, обеспечивающей минимум осевых сил.

Сцинтилляционные детекторы. Группой СФЕРА завершена сборка экструдера для получения длинных сцинтилляционных полос высокой прозрачности. Получены первые образцы радиаторов для сцинтилляционных счетчиков



Испытание экструзионного устройства для изготовления сцинтилляторов методом вытяжки расплавленной массы



Многоканальный газовый черенковский счетчик

большой длины. Начаты их испытания на пучке дейтронов синхрофазотрона. Сцинтилляторы такого типа предполагается использовать для времяпролетных детекторов на установке СФЕРА, а также на ускорителе RHIC в эксперименте PHENIX. Испытаны сцинтилляторы и фотоумножители ФЭУ-87 для эксперимента NA-49 на пучке синхрофазотрона и SPS (ЦЕРН) [15,16], достигнуто временное разрешение ≈ 70 пс.

Кремниевые лавинные детекторы. Участниками эксперимента СФЕРА и сотрудниками группы кремниевых детекторов в ЛВЭ проведены предварительные исследования возможностей достижения временного разрешения около 100 пс с кремниевыми лавинными детекторами площадью 1×1 см на низкоомном p -кремнии [17,18]. Преимущества такого детектора, по сравнению с обычным, состоят в более низкой цене, почти абсолютной радиационной стойкости, независимости работы от магнитного поля и в по-

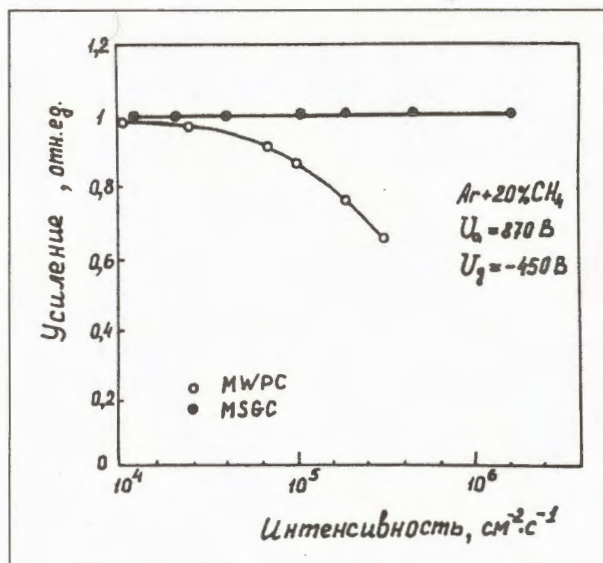


Рис. 11. Зависимость коэффициента газового усиления от интенсивности пучка для проволочной пропорциональной камеры (MWPC) и микроstriпового детектора (MSGC)

тенциальной возможности размещения на кремниевой пластине ассоциированной электроники.

Каналирование. С помощью компьютерного моделирования траекторий частиц в кристалле исследована эффективность отклонения изогнутым монокристаллом кремния ядер с максимальной энергией, проектируемой на нуклотроне — 6 ГэВ/нуклон. Дан анализ различных методов наведения частиц на дефлектор. Для вывода пучка из нуклотрона целесообразно использовать одновременно локальное искажение орбиты и поперечную диффузию частиц. Показано, что уменьшение длины дефлектора до 1 см позволит заметно увеличить эффективность вывода за счет вклада кратных прохождений частиц через дефлектор перед выводом [44—46].

Проведено компьютерное моделирование вывода пучка протонов с энергией 120 ГэВ изогнутым кристаллом кремния из ускорителя SPS (ЦЕРН). Наведение частиц на кристалл осуществлялось в результате введения белого шума, инициирующего поперечную диффузию частиц. Результаты моделирования показали, что причиной возникновения двух максимумов в профиле выведенного пучка в направлении, поперечном изгибу, является паразитный поперечный изгиб кристалла.

Детекторы изображений. В 1993 г. завершена разработка рентгеновского двумерного детектора со сферическим входным окном и начаты в ИК РАН первые эксперименты с белковыми монокристаллами. Основные параметры детектора: число разрешаемых элементов 500×500 , фокусное расстояние 12 см, телесный угол (без параллакса)

60 рад, максимальное быстродействие 10^6 соб./с, эффективность регистрации излучения 75%.

Совместно с Институтом Лауэ — Ланжевена (Гренобль) разработан и исследован одномерный координатный детектор на основе микроstriповой структуры, нанесенной на стеклянную пластину. Исследованы различные методы считывания информации, детектор надежно работает при нагрузках более $10^6 \text{ с}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$ (рис.11). На основе

стекла с объемной проводимостью изготовлена микроstriповая структура размером $4 \times 12 \text{ см}$.

Результаты исследований представлены в работах [47—51] и доложены на конференциях [52—54]. На 4-й школе ИКФА по аппаратуре в физике элементарных частиц (Бомбей, 15—27 февраля 1993 г.) сотрудниками ЛВЭ была представлена лабораторная работа «X-Ray Photon Imaging», явившаяся практикумом для 77 участников из 21 страны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Baldin A.M., Malakhov A.I. — *JINR Rapid Comm. No.3*[60]-92, Dubna, 1993, p.52.
2. LHE Users Handbook. — Eds. Baldin A.M., Kuehn B., JINR, Dubna, 1993.
3. Baldin A.M. et al. — *JINR Preprint E9-93-273*, Dubna, 1993 (to be published in «Proc. of Cryogenic Eng. Conf., July 12—16, Albuquerque, USA»).
4. Baldin A.M., Kovalenko A.D. — In: CERN Bulletin 14/93:4, Geneva, 1993.
5. Baldin A.M. et al. — *JINR Rapid Comm. No.4*[61]-93, Dubna, 1993, p.13.
6. Балдин А.А. — Краткие сообщения ОИЯИ №3[54]-92, Дубна, 1992, с.27.
7. Kovalenko A.D. et al. — *JINR Rapid Comm. No.2*[59]-93, Dubna, 1993, p.53.
8. Tolstov K.D. — *JINR Rapid Comm. No.5*[62]-93, Dubna, 1993, p.5.
9. Шелаев И.А. — Краткие сообщения ОИЯИ №5[62]-93, Дубна, 1993, с.16.
10. Afanasiev S.V. et al. — *Physica Scripta*, 1993, vol.48, p.124.
11. Afanasiev S.V. et al. — *JINR Rapid Comm. No.1*[58]-93, Dubna, 1993, p.21.
12. Afanasiev S.V. et al. — *JINR Rapid Comm. No.3*[60]-93, Dubna, 1993, p.40.
13. Litvinenko A.G. et al. — *JINR Rapid Comm. No.1*[58]-93, Dubna, 1993, p.27.
14. Artiominov A.S. — *JINR Rapid Comm. No.4*[61]-93, Dubna, 1993, p.6.
15. Anisimov Yu.S. et al. — *JINR Rapid Comm. No.3*[60]-93, Dubna, 1993, p.68.
16. Afanasiev S.V. et al. — Subm. to «JINR Rapid Comm.».
17. Govorkov B.B. et al. — *Lebedev Phys. Inst. Preprint N14*, Moscow, 1993.
18. Afanasiev S.V. et al. — ALICE Internal Note 93—95/SIL, CERN, 1993.
19. Avramenko S.A. et al. — Conf. «Delta in Nuclei», May 26—29, RIKEN, JAPAN, 1993.
20. Avramenko S.A. et al. — *JINR Rapid Comm. No.6*[63]-93, Dubna, 1993, p.5.
21. Shahbazian B.A. et al. — *JINR Rapid Comm. No.1*[58]-93, Dubna, 1993, p.15.
22. Shahbazian B.A. et al. — *Phys. Lett. B*, 1993, vol.316, p.563.
23. Ladygin V.P., Manyakov P.K., Piskunov N.M. — *JINR Rapid Comm. No.1*[58]-93, Dubna, 1993, p.27.
24. Gareev F.A. et al. — *JINR Preprint E2-93-232*, Dubna, 1993.
25. Perdrisat C.F. et al. — *Nouvelles de Saturne*, 1993, vol.17, p.104.
26. Строчковский Е.А., Гареев Ф.А., Рамус Ю.Л. — ЭЧАЯ, 1993, т.24, вып.3, с.603.
27. Gareev F.A., Ratis Yu.L., Strokovsky E.A. — *JINR Preprint E2-93-426*, Dubna, 1993 (subm. to «Zeitschrift fur Phys. C»).
28. Golutvin I.A. et al. — *Proc. of the 10th Int. Symposium on High Energy Spin Physics*, Nov. 9—14, 1992, Nagoya, Japan, p.501; *JINR Preprint E2-93-16*, Dubna, 1993.
29. Nomofilov A.A. et al. — *Few Body XIV Conf. Handbook*, 14th Europ. Conf. on Few Body Problems, Aug. 23—27, Amsterdam, p.160.
30. Nomofilov A.A. et al. — *PANIC-93 Conf. Book of Abst.* 27 June — 3 July 1993, Perugia, Italy, p.741.
31. Nomofilov A.A. et al. — *Int. Symp. «Dubna Deuteron-93»*, Sept. 14—18, 1993.
32. Nomofilov A.A. et al. — *JINR Preprint E1-93-405*, Dubna, 1993 (subm. to «Phys. Lett. B»).
33. Botvina A.S. et al. — *Z. Phys. A*, 1993, vol.345, 4, p.413.
34. Глаголев В.В. и др. — *Письма в ЖЭТФ*, 1993, т.58, вып.7, с.497.
35. Galazka-Friedman J. et al. — *Z. Phys. A*, 1993, vol.345, 2, p.125.
36. Averichev G.S. et al. — In: *Proc. International Symposium «Dubna Deuteron-93»*, Dubna, Sept. 14—18, 1993, p.12.
37. Tokarev M.V. — *JINR Preprint E2-93-211*, Dubna, 1993.

38. Braun M.A., Tokarev M.V. — *JINR Preprint E2-93-184, Dubna, 1993.*
39. Tokarev M.V. — In: *14 European Conference on Few Body Problems in Physics, Amsterdam, Aug. 23—27, 1993, p.199.*
40. Tokarev M.V. — In: *Proc. XIII International Conference Particles and Nuclei, Perugia, 28 June — 2 July 1993, vol.1, p.235.*
41. Kochelev N.I., Tokarev M.V. — *Phys. Lett. B, 1993, 309, p.416.*
42. Агакишиев Г.Н. и др. — *Депонированное сообщение ОИЯИ Б1,2-93-231, Дубна, 1993.*
43. Agakishiev G.N. et al. — In: *Proc. International Symposium «Dubna. Deuteron-93», Dubna, Sept. 14—18, 1993; Proc. International V Workshop on High Energy Spin Physics, Sept. 20—24, 1993, Protvino, Russia.*
44. Akbari H. et al. — *Phys. Lett. B, 1993, vol.313, p.491.*
45. Коваленко А.Д., Михайлов В.А., Таратин А.М., Цыганов Э.Н. — *ОИЯИ, Р9-93-383, Дубна, 1993.*
46. Kovalenko A.D. et al. — *JINR Rapid Comm. No.6[63]-93, Dubna, 1993, p.13.*
47. Заневский Ю.В., Донец Д.Е., Черненко С.П. и др. — *Кристаллография, 1993, т.38, вып.2, с.252.*
48. Мержанов А.Г., Пономарев В.И., Заневский Ю.В. и др. — *Доклады Академии наук (физическая химия), 1993, т.328, №1, с.72.*
49. Chernenko S.P., Smykov L.P., Zanevsky Yu.V., Stelzer H. — *JINR Preprint E13-93-258, Dubna, 1993 (subm. to «ПТЭ»).*
50. Zanevsky Yu.V. — *Physica Medica, 1993, v.IX, No.2—3, p.69.*
51. Brandt U., Daumiller K., Smykov L. et al. — *«Cosmic Ray Tracking by Streamer Tubes» (subm. to «NIM»).*
52. Zanevsky Yu.V., Fateev O.V. — *«Test Results of Position-Sensitive Detectors Based on MSPC's» Workshop on Progress in Gaseous Microstrip Proportional Chambers, ILL, Grenoble, June 21—23, 1993.*
53. Chernenko S.P., Fateev O.V., Smykov L.P. et al. — *«X-Ray Detectors for Structure Investigations Constructed at JINR». 3-d London Conference on Position-Sensitive Detectors, London, Sept. 6—9, 1993.*
54. Bencivelli W., Del Guerra A., Vasiliev S. et al. — *«Towards 100 mkm Spatial Resolution Digital Mammography with Microstrip Silicon Crystals: Experimental Tests with a Detector Prototype» — Medical Imaging Conference, 1993, San Francisco (subm. to «NIM»).*

ЛАБОРАТОРИЯ СВЕРХВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

В 1993 году деятельность ЛСВЭ была сосредоточена в трех основных направлениях:

— эксперименты в области физики частиц на действующих ускорителях У-70 ИФВЭ и SPS ЦЕРН и подготовка экспериментов на

новых ускорителях (УНК-600 и ЛНС ЦЕРН);

— разработка, создание и исследование детекторов частиц;

— разработка, создание и исследование различных ускорительных систем.

ЭКСПЕРИМЕНТЫ В ОБЛАСТИ ФИЗИКИ ЧАСТИЦ

ФИЗИКА НА У-70

ЭКСЧАРМ. В 1993 году было проведено два сеанса экспозиции спектрометра ЭКСЧАРМ на ускорителе У-70, в которых зарегистрировано около 120 миллионов нейтрон-ядерных взаимодействий. Одновременно в соответствии с проектом:

— в состав спектрометра введен, прокалиброван и запущен в эксплуатацию 9 модульный адронный калориметр для измерения энергетического спектра пучка нейтронов;

— смонтирован на канале, отлажен и включен в состав спектрометра 32-канальный пороговый воздушный черенковский счетчик для идентификации заряженных частиц;



Директор Лаборатории сверхвысоких энергий профессор И.А.Савин и главный инженер ОИЯИ профессор В.П.Саранцев в научно-экспериментальном отделе ЛСВЭ

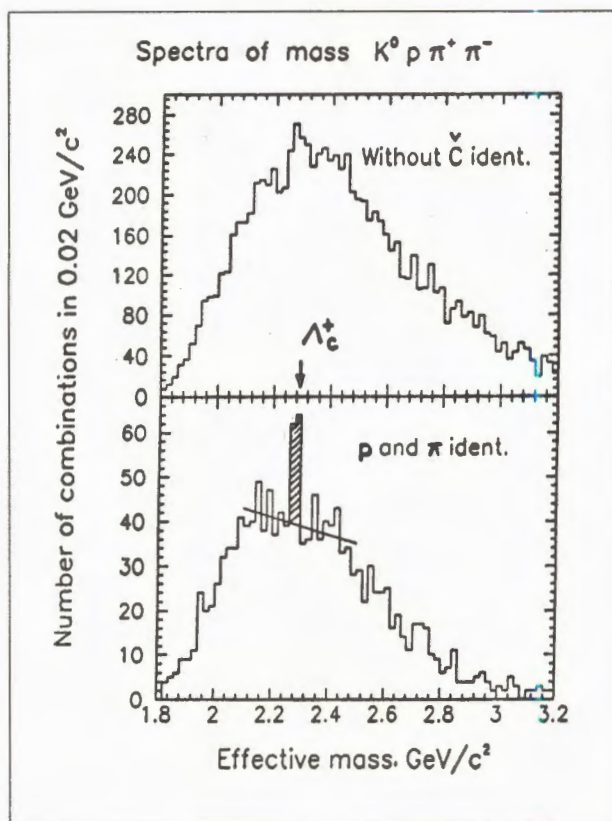


Рис.1. Спектры эффективных масс, полученные на установке ЭКСЧАРМ: $K^0 p \pi^+ \pi^-$ — наблюдаемый пик интерпретируется как Λ_c^+ .

— включена в состав спектрометра трехкоординатная пропорциональная камера размером $2 \times 1 \text{ м}^2$ с общим числом каналов 2500;

— разработана, создана и введена в эксплуатацию новая система сбора данных установки, включающая в свой состав быструю буферную память и трековый процессор; система позволяет регистрировать до 2500 изучаемых взаимодействий за цикл ускорителя;

— разработана и включена в состав установки адекватная система накопления данных на базе устройств EXABYTE-8500.

Практически завершено создание установки ЭКСЧАРМ в полном соответствии с проектом в новой экспериментальной зоне ускорителя У-70.

Создан, развит и адаптирован к особенностям IBM PC комплекс математических программ по сбору, накоплению, контролю, обработке и анализу экспериментальной информации с установки ЭКСЧАРМ, а также по моделированию исследуемых процессов.

По программам геометрической реконструкции обработана вся информация, накопленная в эксперименте, — около 135 миллионов взаимодействий.

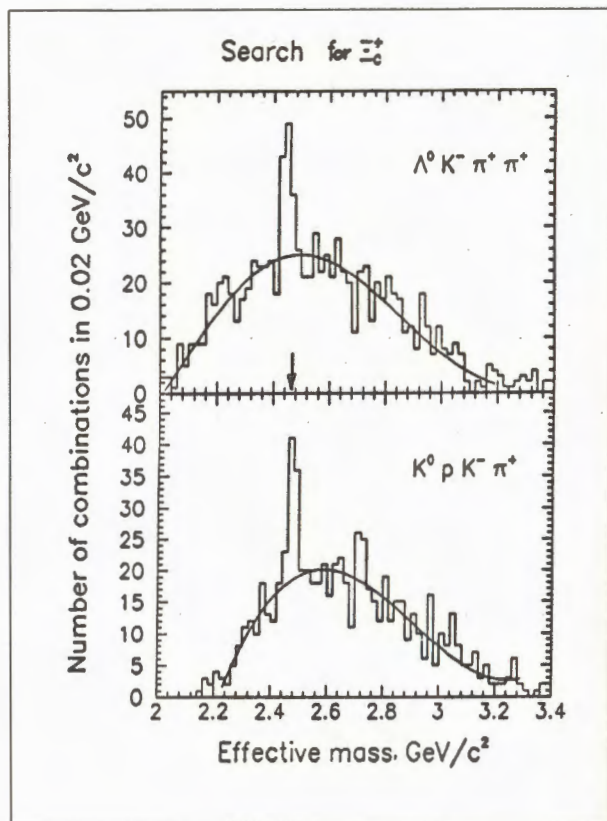


Рис.2. Спектры эффективных масс, полученные на установке ЭКСЧАРМ: $\Lambda^0 K^- \pi^+ \pi^-$ и $K^0 p K^- \pi^+$. Наблюдаемый пик интерпретируется как Ξ_c^+ .

На основании анализа экспериментальной информации с установки ЭКСЧАРМ получены первые методические и физические результаты:

— восстановлен энергетический спектр нейтронов пучка;

— исследована в различных режимах работа новых трехкоординатных пропорциональных камер;

— разработаны алгоритмы идентификации заряженных частиц с помощью многоканальных пороговых газовых черенковских счетчиков и изучены их основные характеристики;

— в нейтрон-углеродных взаимодействиях наблюдается рождение широкого спектра гиперонов и гиперонных резонансов со странностью от -1 до -3 и исследованы их характеристики;

— наблюдается рождение очарованных барионов Λ_c^+ и Ξ_c^+ (рис.1 и 2);

— получено указание на существование узких резонансов, распадающихся на странные частицы, кандидатов в многокварковые состояния.

Результаты опубликованы в статьях [1—4]. Работы проводились при активном участии серпуховского научно-экспериментального отдела (СНЭО).

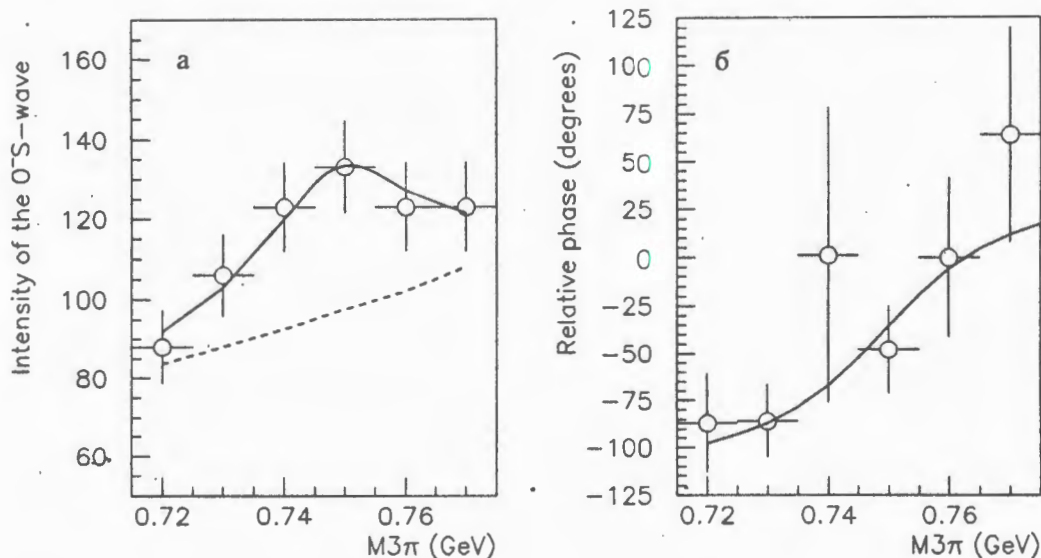


Рис. 3. а) Интенсивность волны 0^-S . Сплошной кривой показаны результаты фита по резонансной формуле Брейта — Вигнера, пунктирной — нерезонансный фон. б) Изменение фазы волны 0^-S относительно 0^-P

СВД. В эксперименте СВД оценена верхняя граница сечения рождения заряженных D -мезонов: $\sigma(D^\pm) \leq 4,5$ мкб. Проведена реконструкция быстрого фоторегистратора для обеспечения его работы с частотой 15 Гц. Подготовлены программы для вычисления оптических констант и геометрической реконструкции событий, зарегистрированных в быстроциклирующей пузырьковой камере. Результаты опубликованы в работах [5—7].

МДС. По проекту МДС проведен парциально-волновой анализ в диапазоне эффективных масс трех пионов от 600 до 900 МэВ. Результаты анализа для волны 0^-S представлены на рис.3. Изменение относительной фазы 0^-S-0^-P на 110° и брейт-вигнеровская форма массового спектра указывают на существование резонанса для волны 0^-S с массой (749 ± 30) МэВ и шириной (32 ± 17) МэВ [8], интерпретируемого как первое радиально возбужденное состояние пиона.

КМН. В процессе запуска установки «Комплекс меченых нейтрино» (КМН) запущена 1-я очередь установки в составе: станция мечения, нейтринный детектор — жидкоаргоновый калориметр и идентификатор мюонов. Зарегистрированы первые события — нейтринные взаимодействия в жидкоаргоновом калориметре. Получены первые данные о распадах заряженных каонов с целью поиска прямого СР-нарушения ($\sim 10^6$ со-

бытий). Ведутся теоретические исследования [9] по обоснованию этого поиска.

ФИЗИКА НА УНК-600

НЕПТУН. Цель проекта НЕПТУН состоит в создании установки на внутреннем пучке УНК и исследовании с ее помощью спиновых эффектов во взаимодействиях протонов с поляризованными протонами и дейтронами. В качестве мишени будут использованы атомарные пучки с поляризованными ядрами.

Решаются следующие физические задачи:

- изучение спиновой структуры померона;
- изучение спиновой структуры дейтрона на малых расстояниях.

Созместно с НИКО ЛВЭ разрабатывается струйная поляризованная водородная и дейтериевая мишени. Продолжаются совместные с Мичиганским университетом США исследовательские и конструкторские работы по созданию ультрахолодной мишени, действующей на принципе накопления и термализации атомов водорода в магнитной ловушке при температуре 0,3 К. Устройство позволит поднять плотность поляризованного водорода на 2 порядка. Для этих работ приобретен герметичный агрегат перекачки гелия-3. Он войдет в состав рефрижератора растворения гелия-3 в гелии-4. Этим выполнено главное обязательство ОИЯИ по комплектации

криогенной части установки НЕПТУН. По проекту НЕПТУН завершены разработка и макетирование полупроводниковых детекторов с электроникой. Изготавливаются спектрметрические тракты.

Совместно с фирмой ЭЛМА из Зеленограда ведутся испытания полосковых полупроводниковых детекторов (ППД). Они позволяют качественно улучшить конструкцию матрицы ППД и повысить угловое разрешение спектрометра. Приобретены 4 пробных кристалла с числом полос 30 на каждом из них. Ведутся их стендовые испытания. Продолжается изготовление больших сцинтилляционных детекторов и пропорциональных камер. Создается математическая программа, работающая в режиме реального времени.

В целях отработки методики эксперимента по проекту НЕПТУН на поляризованном пучке циклотрона TRIUMF (Канада) измерялось распределение эффективной массы пары протонов в реакциях $pA \rightarrow 2pX$ и $pA \rightarrow pdX$. В качестве мишеней использовались пленки CH_2 , Al , Cu , Pb . Особенность данного опыта состоит в измерении анализирующей способности реакции $A(p, 2p)$ как функции эффективной массы $m(pp)$. Это может дать дополнительный независимый критерий в поиске резонансов. Поиск дипротонов в пределах точности эксперимента дал отрицательный результат, верхняя граница сечения их образования — 20 мкб.

Совместно с ЛТФ вычислена анализирующая способность реакции дифракционной диссоциации поляризованного протона $p + p \rightarrow N^* + p$, $N^* \rightarrow N + \pi$ и аналогично реакции $e + p \rightarrow N^* + p$ [10]. Показано, что в области изобар N^* распадающиеся частицы N и π имеют лево-правую асимметрию эмиссии, достигающую 50—90%. Наличие такой асимметрии может служить основанием для постановки соответствующего эксперимента на поляризованном пучке протонов. Он даст сведения о механизме рождения нуклонных изобар и уточнит их квантовые числа (изобары с массой выше 1600 МэВ исследованы плохо). Полученные результаты имеют также прикладное значение, так как рассматриваемый процесс имеет большое сечение ($\sigma_{tot} = 1$ мб) и большую анализирующую способность, не зависящую от энергии, и его можно использовать для быстрого мониторингирования поляризации ускоряемого пучка протонов.

СТОРС. В рамках разработки проекта СТОРС (сверхпроводящий тороидальный спектрометр) выполнены расчеты по оптимизации конфигурации установки для энергий мюонного пучка на УНК-600.

ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ СЕРПУХОВСКОГО НАУЧНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОТДЕЛА (СНЭО) [11—13]

Работа СНЭО велась в основном в двух направлениях; это:

— подготовка и модернизация экспериментальных установок ОИЯИ и участие в сеансах их работы на ускорителе;

— методические исследования для новых проектов.

В 1993 г. была проделана большая работа по модернизации и эксплуатации установки ЭКСЧАРМ (см. выше). Усовершенствованы криогенно-вакуумная система установки СВД, ряд узлов установки ГИПЕРОН. Завершается монтаж второй очереди мюонного спектрометра установки «Комплекс меченых нейтрино». Проведен ряд значительных работ по эксплуатации и модернизации установок «Нейтринный детектор», ГИПЕРОН, ПРОЗА.

Силами СНЭО в 1993 году полностью введено в эксплуатацию лабораторное здание 395а с полезной площадью 800 м².

Методические работы СНЭО нашли отражение в разделе «Детекторы частиц».

ФИЗИКА В ЦЕРН

SMC-эксперимент. Группа сотрудников ЛСБЭ принимала участие в сеансах на установке SMC (NA-47) в мюонном пучке SPS ЦЕРН. В 1993 г. использовалась новая поляризованная мишень. Велась обработка и анализ данных, полученных в 1992 г. на дейтериевой поляризованной мишени и в 1993 г. на поляризованной протонной.

В результате впервые получены экспериментальные данные о спинзависимой структурной функции (g_1^d) дейтрона (рис.4,5) на статистике $\sim 3 \cdot 10^6$ событий [14]. Используя ранее полученные данные по g_1^p , извлекли данные по спинзависимой структурной функции нейтрона (g_1^n) [15]. Совместно с данными, полученными на протонах, они указывают на согласие с фундаментальным правилом сумм Бьеркена для спинзависимых структурных функций.

Завершена работа по анализу структурной функции углерода вблизи $x = 1$ по данным, полученным в эксперименте NA-47 на SPS ЦЕРН [16].

Эксперимент NA-48. Согласованы и подписаны основные документы, регламентирующие деятельность сотрудничества ЦЕРН — ОИЯИ в проведении совместных исследований по точному измерению CP-нарушающего параметра ϵ' в распадах нейтральных каонов на два пиона.

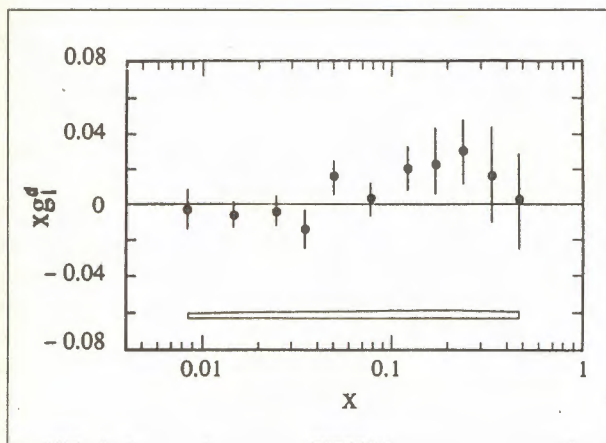


Рис. 4. Спинозависящая функция дейтрона $xg_1^d(x)$ как функция бьеркеновской переменной x . Показаны только статистические ошибки. Уровень систематических ошибок показан в виде очерченной области

В соответствии с обязательствами ОИЯИ и согласованным графиком в ЦЕРН поставлено более 18 т криптона высокой чистоты для жидкокриптонового калориметра. Изготовлены и поставлены в ЦЕРН высокопрецизионные механические конструкции — вакуумная камера и большие (диаметром около 3 м) фальш-камеры.

Завершены совместные с ЦЕРН разработки электроники считывания с быстрого жидкокриптонового калориметра высокого разрешения. Начаты совместные с ЦЕРН разработки и создание систем обеспечения функционирования жидкокриптонового калориметра.

Проведены организационные работы по размещению заказов на изготовление большого криостата для полномасштабного жидкокриптонового калориметра на предприятиях России при участии ЛСВЭ.

Подготовка экспериментов на LHC (ATLAS, CMS). ЛСВЭ принимает участие в подготовке экспериментов на LHC по проектам ATLAS и CMS, цель которых — создание универсальных детекторов, ориентированных на широкий спектр задач современной физики — поиск хиггс-частиц, измерение массы и изучение распадов t -кварка, измерение СР-нарушающих эффектов в распадах B -мезонов, экспериментальные исследования в области суперсимметрии, поиск новых векторных бозонов.

ДЕТЕКТОРЫ ЧАСТИЦ

Разработка, создание и исследование детекторов частиц в Лаборатории сверхвысо-

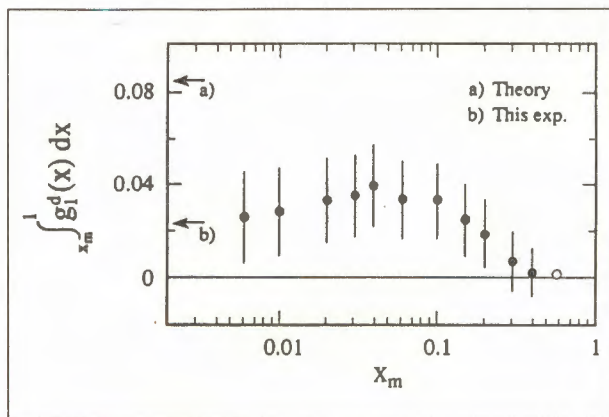


Рис. 5. $\int_{x_m}^1 g_1^d(x) dx$ как функция нижнего предела интегрирования x_m . Ошибки только статистические. Точка О дает значение, экстраполированное к большим x

Методические исследования по этим проектам описаны в разделе «Детекторы частиц».

ДРУГИЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ

Сотрудники ЛСВЭ принимают участие в проекте BOREXINO, цель которого — исследование взаимодействий солнечных нейтрино и измерение магнитного момента нейтрино (антинейтрино) [17—20]. Исследование проводится в лаборатории Гран-Сассо (Италия). Предполагается использовать высокоинтенсивный радиоактивный источник антинейтрино и солнечные нейтрино. Идея измерения магнитного момента нейтрино предложена в ОИЯИ. В 1993 году велась подготовка прототипа установки BOREXINO-CTF, на которой будут отработаны основные принципиальные вопросы создания детектора, после чего будет принято решение о постановке эксперимента.

АНОМАЛОН. В совместном ЛСВЭ — ЛВЭ эксперименте на синхрофазотроне по проекту АНОМАЛОН получены новые экспериментальные результаты по передаче поляризации в процессе $^{12}\text{C}(\vec{d}, \vec{p})X$ под углом 0° [21]. Отношение поляризации протона P_p к поляризации дейтронного пучка P_d , $\kappa = P_p/P_d$ измерено вплоть до внутридейтронного импульса $k = 550$ МэВ/с.

ких энергий проводилось в нескольких направлениях.

Деятельность ЛСВЭ по проекту ATLAS развивалась в рамках отдельных R&D проектов в нескольких направлениях: жидкоаргоновая и сцинтилляционная калориметрия, вершинный детектор и мюонная система [22—24].

По проекту RD33 (Thin Gap Turbine-Type Calorimeter) в соответствии с обязательствами были выполнены следующие работы:

— создана система пропорциональных камер с шагом намотки 1 мм для контроля положения пучка при тестировании прототипа жидкоаргонового калориметра в H1-зоне SPS в ЦЕРН. Система отлажена и используется в эксперименте. Проведены расчеты по методу Монте-Карло для оптимального расположения камер и сделаны соответствующие изменения в программном обеспечении;

— спроектирован, изготовлен и смонтирован в H1-зоне высокоточный подвижной стол, на котором сейчас размещаются камеры и триггерная аппаратура;

— разработана шестислойная печатная плата считывания сигналов для нового типа TGT-электроники, в ОП ОИЯИ изготовлена первая партия плат, которые будут использованы в ближайшем сеансе в ЦЕРН;

— совместно с ЛНФ проведен первый цикл тестов радиационной устойчивости GaAs-электроники на реакторе ИБР-2. По мере облучения предусилителей и усилителей-формирователей в пучке нейтронов с энергией несколько МэВ проводились измерения временных и амплитудных характеристик, переходной функции, уровня шумов и динамического диапазона электроники. Предварительные результаты тестов приводятся на рис.6, где указанные характеристики пред-

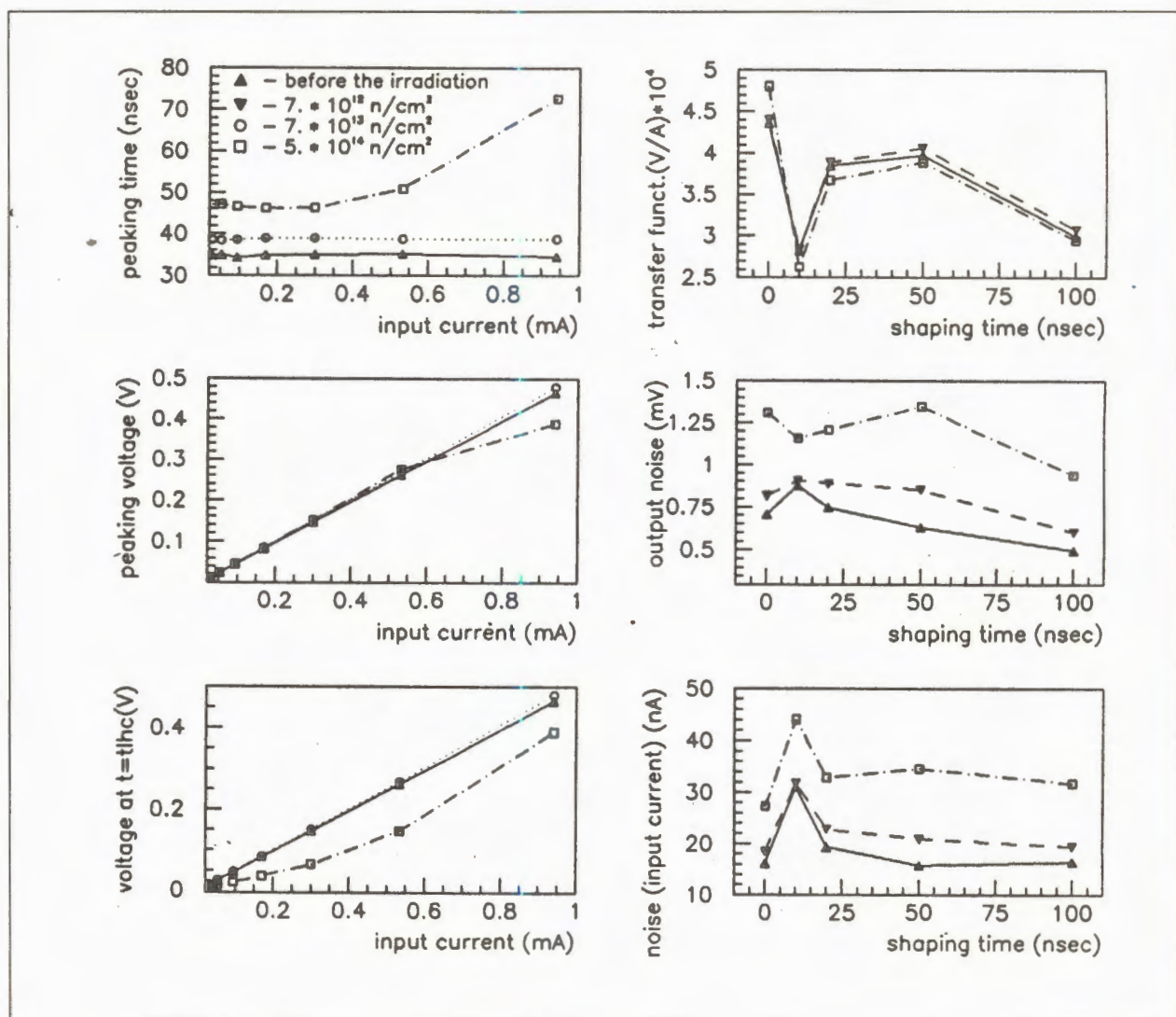


Рис. 6. Результаты проверки радиационной стойкости GaAs-электроники TGT-калориметра. По мере накопления дозы наблюдается сужение динамического диапазона работы предусилителя и рост шумов электроники вдвое по сравнению с начальным уровнем

ставлены для разных уровней полного флюенса и в зависимости от величины входного тока и времени формирования;

— сотрудники ЛСВЭ приняли участие в сеансах облучения прототипа TGT-калориметра в H1-зоне SPS и в обработке данных. В качестве примера на рис.7 приведена полученная в эксперименте зависимость отклика калориметра от энергии налетающего электрона при определенном положении прототипа относительно оси пучка. Ведется моделирование прототипа жидкоадронного адронного калориметра.

По проекту RD34 (Tile Calorimeter) разрабатывается подвижной стол для размещения полномасштабных модулей сцинтилляционного адронного калориметра (весом в десятки тонн) в одной из экспериментальных зон SPS. Начало работы создаваемого оборудования для экспериментальных тестов прототипов планируется в апреле 1994 года. Рассматривается возможность участия в производстве сцинтилляционных пластин и пассивного поглотителя, в разработке электроники для адронного калориметра и обработке данных.

По проекту RD6 (Straw Tubes) при участии сотрудников лаборатории разрабатывается прототип внутреннего трекера на основе детектора переходного излучения, проводится его тестирование.

Определенный вклад сделан также в разработку мюонной системы ATLAS. В ряде коллаборационных публикаций представлены результаты расчетов нагрузок мюонных детекторов от различных источников — распадов b -, c - и t -квар-

ков, W - и Z -бозонов, пионов и K -мезонов [22]. Детально изучен выход вторичных частиц от высокоэнергичных адронных ливней (hadron punch-through) [23]. Изучена возможность использования измерений треков вторичных частиц для улучшения пространственного разрешения мюонного детектора [24].

Инициированы работы по адаптации программного обеспечения ATLAS, которое в настоящее время доступно на SUN-кластере ЛСВЭ.

РАЗРАБОТКИ ПО ПРОЕКТАМ CMS И GEM [25—33]

Полупроводниковые кремниевые детекторы. Было исследовано два прототипа стриповых кремниевых детекторов размером $6 \times 6 \text{ см}^2$ и $12 \times 12 \text{ см}^2$, созданных в России. Подобные детекторы в последующем предполагается использовать в предливневом детекторе к электромагнитному калориметру типа «шашлык» установки CMS на LHC ЦЕРН. Структура электромагнитного калориметра с предливневым детектором и результаты исследования его характеристик показаны на рис.8.

Проблемы, связанные с производством и применением в экспериментах на ускорителях больших партий кремниевых детекторов изучаются в методическом эксперименте ЦЕРН RD-35. Исследования, проведенные в ЛСВЭ с детекторами, изготовленными российской промышленностью, показали их пригодность для работы при

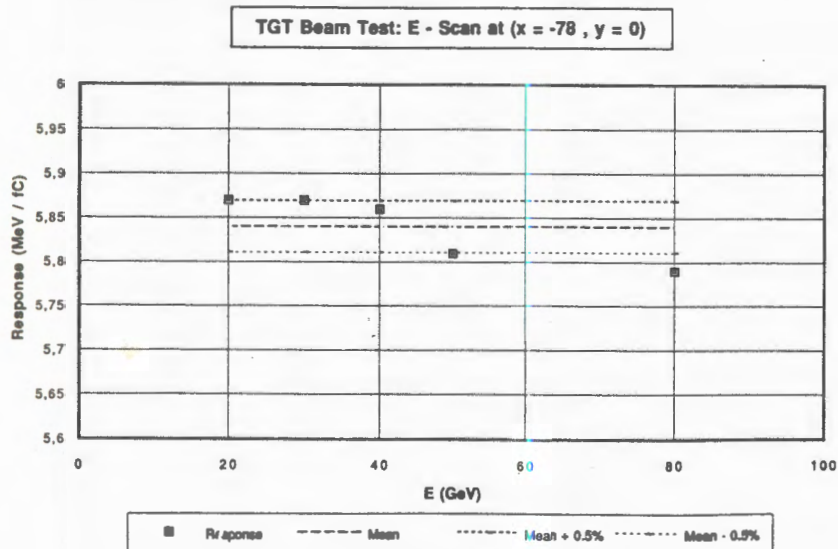


Рис. 7. Зависимость отклика прототипа электромагнитного калориметра от энергии налетающего электрона. Видно, что TGT-концепция обеспечивает однородность отклика в пределах 0,5%

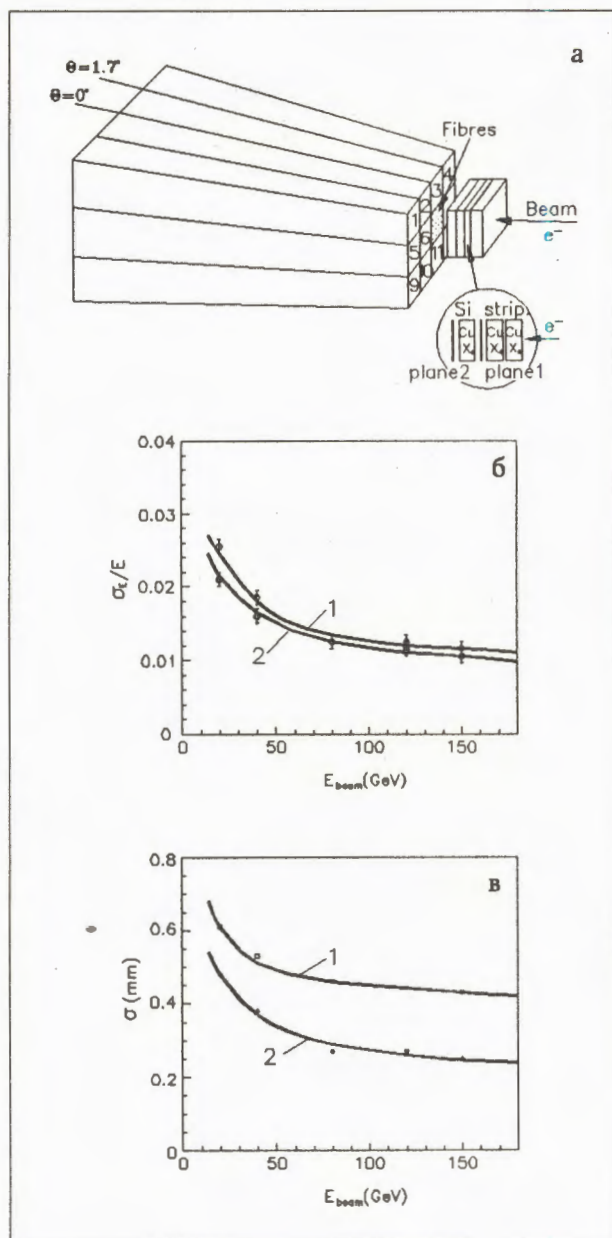


Рис. 8. а) Структура электромагнитного калориметра башенного типа с предливневым детектором, геометрия которого изображена в круге. б) Влияние предливневого детектора на энергетическое разрешение электромагнитного калориметра: 1 — разрешение с предливневым детектором; 2 — разрешение собственно электромагнитного калориметра. в) Пространственное разрешение плоскостей предливневого детектора как функция энергии пучка: 1 — плоскость $\sigma = (2,1/\sqrt{E} \oplus 0,4)$ мм; 2 — плоскость $\sigma = (2,0/\sqrt{E} \oplus 0,2)$ мм

больших радиационных нагрузках. Разработка детекторов завершена. В настоящее время изготавливается вся партия.

Мюонные детекторы. Разработаны и построены два полномасштабных модуля мюонных камер на основе дрейфовых труб высокого давления и пропорциональных камер с катодным считыванием по программе GEM. Эти модули были

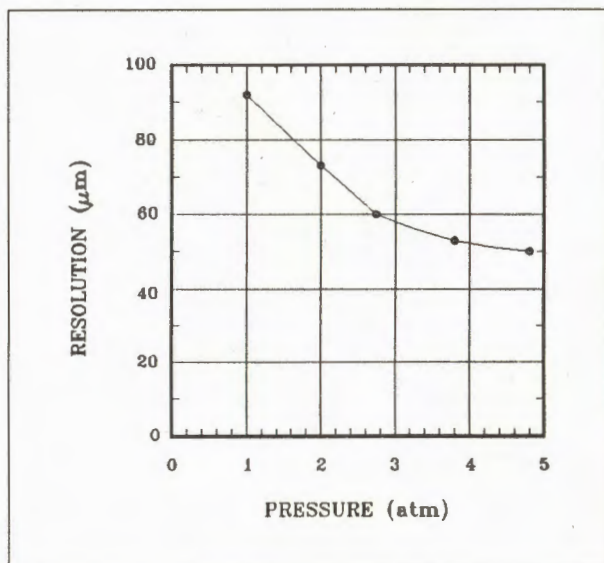


Рис. 9. Пространственное разрешение модуля, состоящего из круглых дрейфовых труб диаметром 50 мм, как функция давления рабочей газовой смеси с компонентами: 50% аргона + 50% метана

исследованы в лаборатории SSC (США). Камеры были оснащены электроникой считывания, также разработанной и изготовленной в ОИЯИ.

На обоих вариантах детекторов получено рекордное пространственное разрешение. На рис.9 показаны результаты измерения пространственного разрешения дрейфовых труб.

Для изучения вопросов, связанных с длиной стрипов, в Дубне был разработан и исследован прототип камеры с катодным считыванием длиной 3 м и шириной 30 см, имеющий 4 чувствительных слоя. На этом прототипе при исследовании с космическими частицами получено пространственное разрешение лучше 80 мкм, отработаны технологические операции.

После закрытия SSC (США) центр тяжести исследований мюонных детекторов был перенесен на эксперимент CMS (ЦЕРН).

В CMS мюонные камеры должны работать в сильном магнитном поле (до 4 Тл). Для решения проблем, связанных с работой в магнитном поле, была изготовлена 4-слойная камера размером $0,5 \times 0,5$ м². Для нее была разработана и изготовлена электроника считывания. В ЦЕРН в методическом эксперименте RD-35 было получено рекордное пространственное разрешение ($\sigma = 52$ мкм) этих камер и измерен угол Лоренца в полях до 3 Тл (рис.10). Камеры с катодным считыванием приняты в качестве основных для торцовых мюонных детекторов.

В рамках методического эксперимента RD-11 коллаборации EAST (Embedded Architecture for Second Level Trigger) разработаны 4 высокоскоростные

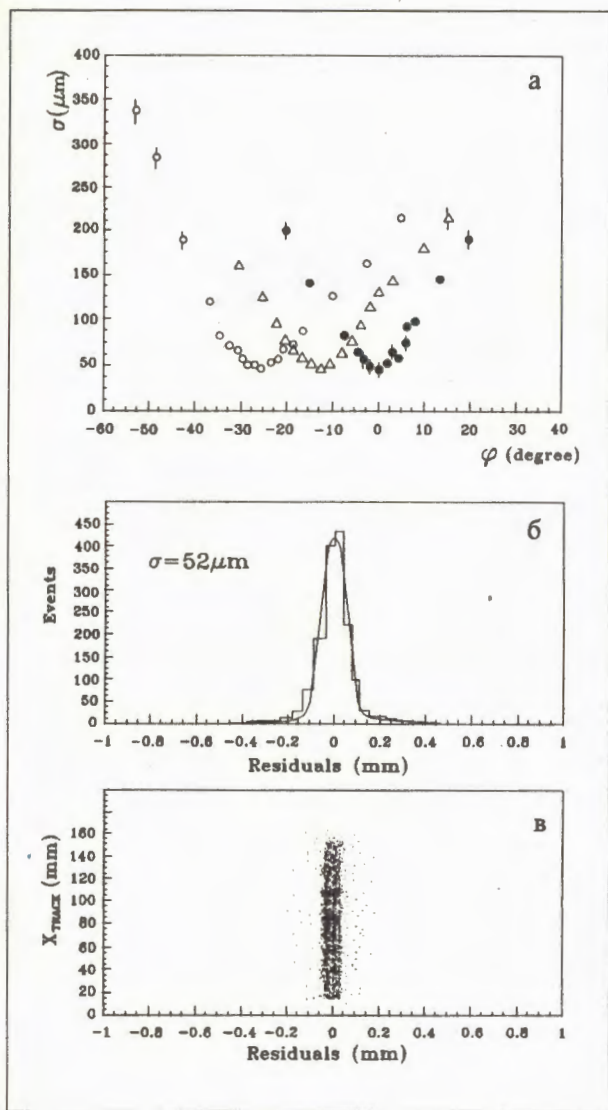


Рис. 10. Пространственное разрешение многопроволочной пропорциональной камеры с катодным считыванием информации (рабочая смесь: 30% — аргон + 50% — углекислый газ + 20% — четырехфтористый углерод). а) Разрешение как функция угла наклона трека частицы к сигнальным проволочкам при условии: $\bullet$ — магнитное поле $B = 0$; Δ — магнитное поле $B = 1,5$ Тл; $\circ$ — магнитное поле $B = 3,0$ Тл; поле направлено перпендикулярно сигнальным проволочкам; б) Разрешение для треков под углом $\varphi = 0^\circ$ в отсутствие магнитного поля; в) Плот, характеризующий однородность разрешения по ширине камеры

стных интерфейсных платы в стандарте HIPPI и изготовлены 11 блоков VME.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕТЕКТОРОВ НА КАПИЛЛЯРАХ С ЖИДКИМ СЦИНТИЛЛЯТОРОМ

Совместно с ИФВЭ и коллаборацией CHORUS в ЦЕРН изучались характеристики капилляров различных диаметров, наполненных сцинтиллятором, и сравнивались с аналогичными



«Чистая комната» — участок для сборки ПП-детекторов

характеристиками пластмассовых волокон SCSF-38 и Kuraray 3HF. Показано, что большая длина затухания, большой световыход, высокая радиационная стойкость капиллярных детекторов позволяют создавать детекторы с высоким разрешением длиной более двух метров [34]. Проведено моделирование для выяснения возможностей использования трекового детектора на основе капилляров с жидким сцинтиллятором в будущих экспериментах на коллайдерах, разработана универсальная программа реконструкции событий в трековых детекторах на основе волокон для экспериментов на встречных пучках.

ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕТЕКТОРОВ МЕДЛЕННЫХ ЧАСТИЦ [35—38]

Исследовались характеристики детекторов типа сцинтиллятор + фотодиод (PhD) для спектрометрии легких заряженных частиц по проекту

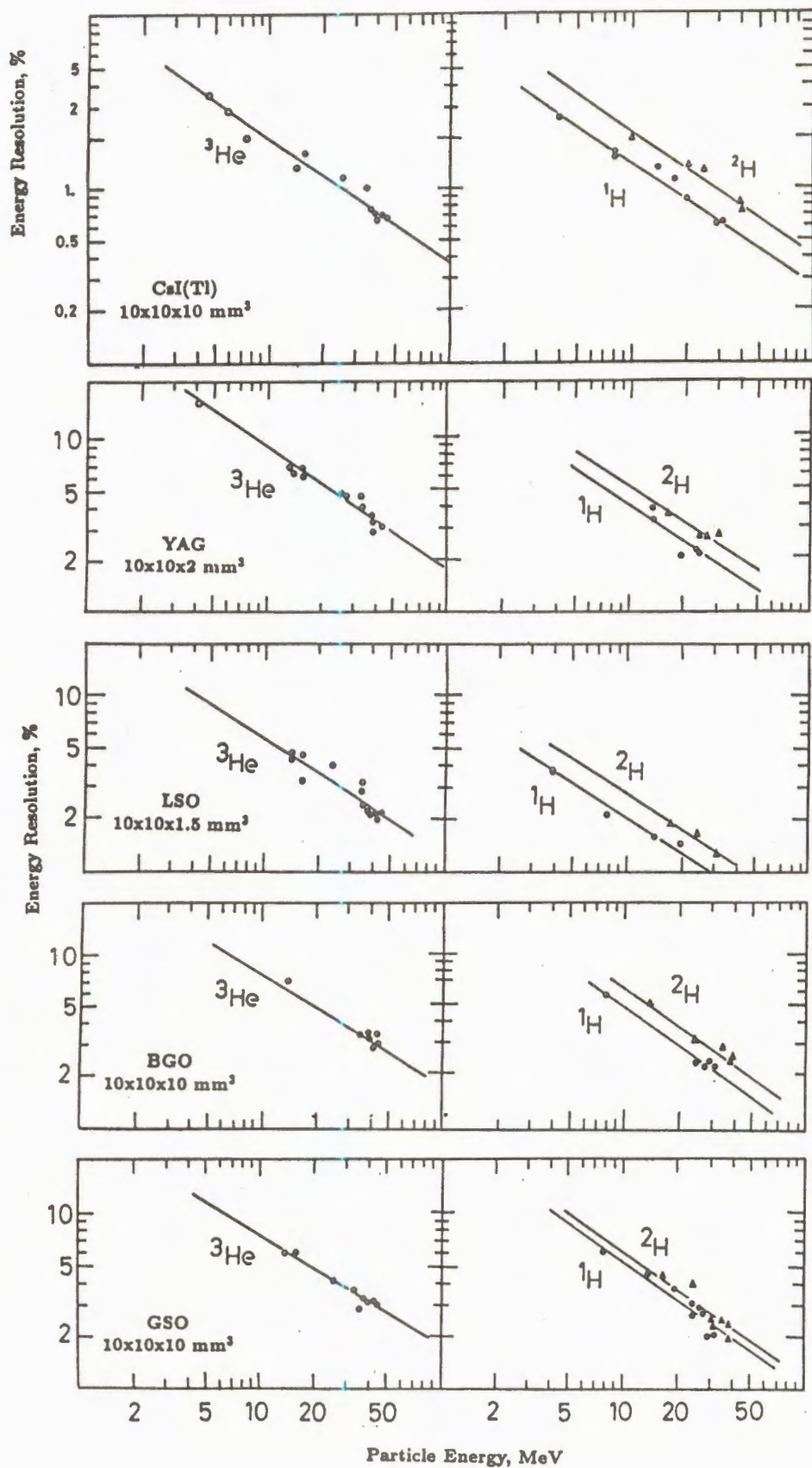


Рис. 11. Энергетическое разрешение детектора кристалл + фотодиод

НЕПТУН. Цель — создание детектора с высокими спектрометрическими свойствами на основе новых кристаллов с быстрым временем свечения.

Подготовлены и выполнены два эксперимента в Университете Осло и TSL Uppsala для измерения световых и энергетических разрешений кристаллов CsI(Tl), YAG(Ce), LSO(Ce), BGO и GSO(Ce) в комбинации с фотодиодами S3590-05 и MSP3 в диапазоне энергий 3—20 МэВ/нуклон для ^1He , ^2He и ^3He . Результаты исследований показаны на рис.11.

РАЗРАБОТКА УСКОРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

СИСТЕМА ПОДАВЛЕНИЯ ПОПЕРЕЧНЫХ КОЛЕБАНИЙ ПУЧКА В I-Й СТУПЕНИ УНК

Закончены расчеты [39], выбрана схема и определены основные алгоритмы системы подавления колебаний пучка при инжекции в УНК. Налажен и испытан первый импульсный генератор. Закончена разработка комплекта электронных блоков для системы подавления колебаний пучка при инжекции, изготовлены и налажены блоки электроники для первого генератора. Подготовлена аппаратура и заканчивается работа по созданию программного обеспечения подсистемы синхронизации. Подготовлено и направлено в ЦЕРН техническое предложение по разработке

Найденные методические решения позволили существенно улучшить известное в литературе энергетическое разрешение детектора «кристалл + PhD». Комбинация CsI(Tl) + PhD по энергетическому разрешению (153 кэВ для α -линии 7,68 МэВ) является хорошей альтернативой кремниевому полупроводниковому детектору. Детектор GSO (или BGO) + PhD по радиационной стойкости [$10^9(10^6)$ рад], максимально допустимой загрузке [$2,5 \cdot 10^4 (0,5 \cdot 10^4)$ 1/с] и энергетическому разрешению является лучшим для экспериментов на интенсивных пучках.

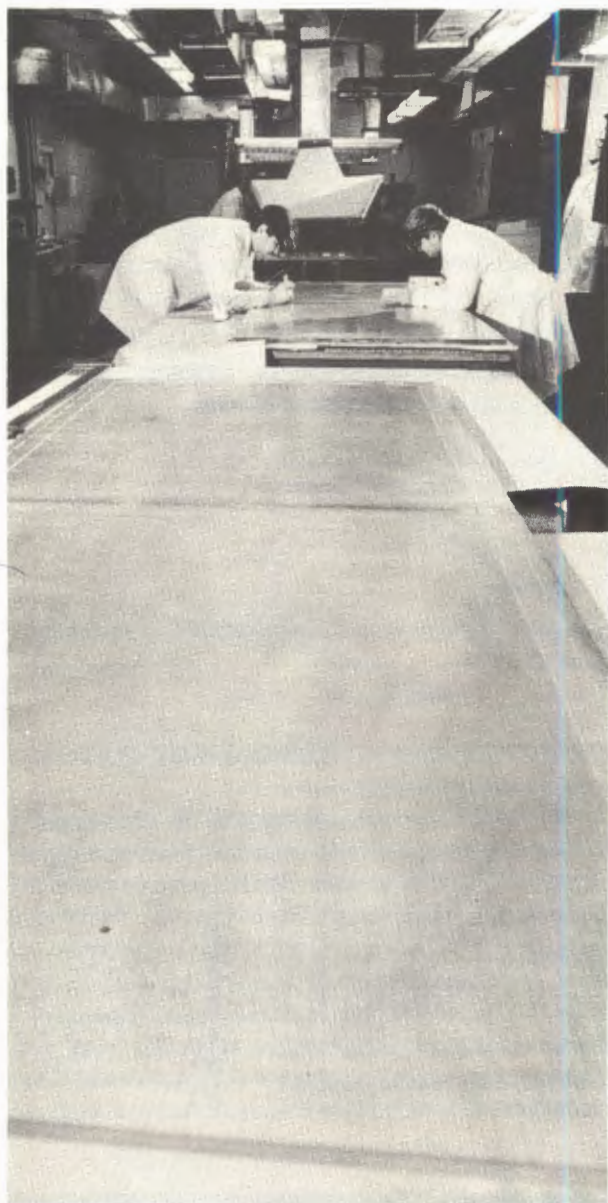
системы подавления поперечных колебаний пучка ЛНС.

СТАНЦИЯ ПЕРЕГРУППИРОВКИ ПУЧКА (СПП)

В ИФВЭ на разработанном и созданном в ЛСВЭ оборудовании ВЧ-станции перегруппировки пучка У-70 на частоте УНК продолжались исследования работоспособности ламп выходного каскада ГУ-101А в комбинированном режиме работы — непрерывном и импульсном. Для этих работ на первом этапе используется созданный в ЛСВЭ модулятор, параметры которого были рассчитаны для других ламп выходного каскада. Осуществлен энергетический запуск макета модуля-



Система подавления поперечных колебаний пучка частиц для ускорительного комплекса ИФВЭ (Протвино)



Технологический комплекс для монтажа пропорциональных камер с катодным считыванием для эксперимента CMS

тора с использованием нового выходного каскада на активную нагрузку. Полученные параметры макета соответствуют техническому заданию на модулятор и позволят приступить к подготовке рабочего варианта и его реализации в 1994 г.

КЛИСТРОННЫЙ СВЧ-УСИЛИТЕЛЬ ДЛЯ ВЛЭПП

Проведены исследования основных характеристик клистрона, разработанного и изготовленного в ЛСВЭ. Исследования проводились на пучке индукционного ускорителя ЛИУ-3000 [40].

Результаты исследований дубненского варианта клистрона позволяют утверждать, что разработанный прибор обладает высокой пропускной способностью. Фокусирующая система клистрона, выполненная на постоянных магнитах, обеспечивает транспортировку электронных пучков с интенсивностью до 300 А, что для СВЧ-приборов диапазона 14 ГГц является высоким показателем. Технология изготовления СВЧ-клистрона, группирователь, замедляющая система, конструкция нагрузки соответствуют данному классу приборов с высокими требованиями к электрической прочности (порядка 10 кВ/см). В результате исследований мощностных характеристик клистрона и оптимизации режимов их работы в диапазоне частот 13900—14100 МГц удалось достичь регистрируемого уровня СВЧ-мощности 30—100 МВт [41].

РАЗРАБОТКИ В ОБЛАСТИ СОЗДАНИЯ ЛИНЕЙНЫХ КОЛЛАЙДЕРОВ БУДУЩЕГО

Одной из ключевых проблем при создании линейных коллайдеров является надежность и экономичность системы СВЧ-питания ускоряющей структуры. В исследованиях, проводимых в ЛСВЭ в этом направлении, используется опыт, накопленный в процессе работ по коллективным методам ускорения. Ведутся исследования с целью разработки релятивистского клистрона для ВЛЭПП, по поиску альтернативных путей создания источников СВЧ-питания для линейных коллайдеров. Предложен принципиально новый подход к созданию источника СВЧ-питания для линейных коллайдеров ТэВ-ного диапазона, базирующийся на квазиоптическом подходе и использовании фазированных решеток [42].

В развитие идеи создания фотонного коллайдера будущего с использованием обратного комптоновского рассеяния лазерного излучения на пучках линейного коллайдера ведутся разработки с использованием технологии ЛСЭ [43,44]. Предложена двухкаскадная схема ЛСЭ для фотонного коллайдера на энергию 2×1 ТэВ. Указывается на принципиальную возможность создания фотонного коллайдера на базе существующего коллайдера SLC со светимостью $L_{\gamma\gamma} \cong 10^{34} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$ [45,46].

РАЗРАБОТКА ОТДЕЛЬНЫХ СИСТЕМ с-τ ФАБРИКИ

Сотрудники лаборатории принимали участие в разработке принципов и систем с-τ фабрики, в частности, в разработке схемы монохроматичес-

кой s - t фабрики с конечным углом пересечения. Разработана принципиально новая схема s - t фабрики [47], объединяющая монохроматизацию по энергии столкновения электронов и позитронов с пересечением пучков под конечным углом, что по сравнению со стандартной схемой позволяет:

- поднять светимость за счет высокой частоты следования сгустков;

- повысить выход узких резонансов (J/ψ , ψ') благодаря монохроматизации (при реализации «краб»-пересечения).

Предложенная схема обладает также рядом технических преимуществ, в частности, требует существенно более низкого ВЧ-напряжения, обеспечивает приемлемое время жизни частиц.

В связи с обсуждающимся проектом s - t фабрики в ЦЕРН был рассчитан вариант [48] с принятым в проекте ЦЕРН периметром и конфигурацией участка встречи.

Была разработана магнитная структура поворотных дуг, перестраиваемая по эмиттансу в широком диапазоне (от 10 нм до 100 нм при энергии пучка 2,2 ГэВ в отсутствие дополнительных вилтлеров и до 200 нм и выше при их включении) и допускающая тем самым использование как в стандартной схеме, так и в схемах с монохроматизацией [47,48]. Численное моделирование демонстрирует хорошую устойчивость движения частиц в данной структуре и, соответственно, большое время их жизни.

Предложена новая схема инжекционного комплекса [49], использующая в качестве драйвера для источника позитронов сильноточный индукционный ускоритель-рециркулятор, что

позволяет сформировать подпитывающий позитронный сгусток за одно срабатывание источника и тем самым резко увеличить производительность комплекса. Существенно, что данная схема не требует применения высокочастотных резонансных линейных ускорителей.

ИССЛЕДОВАНИЯ КРИОФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ДВУХФАЗНОМ И СВЕРХТЕКУЧЕМ ГЕЛИИ

Модернизирована установка для исследования характеристик потоков двухфазного нормального гелия и сверхтекучего гелия [50,51]. В частности, разработаны и созданы криогенные гелиевые магистрали между гелиевым рефрижератором КГУ-500/4,5 и ступенью окончательного охлаждения до 1,8 К. Достигнута холодопроизводительность 30 Вт при 1,8 К и около 5 Вт при 1,2 К. Установка позволяет также обеспечить тепловые режимы сверхпроводящих резонаторов при криостатировании сверхтекучим гелием. Создан проточный криостат для исследования характеристик сверхтекучей турбулентности [52]. Для экспериментов по тепловой и гидродинамической турбулизации сверхтекучего гелия создан измерительный комплекс с электронным коммутатором сигналов при температуре 1,8 К [53,54], который по своим параметрам не имеет аналогов. Начаты эксперименты по самофокусировке нелинейной волны второго звука в He-II.

В целом экспериментальный комплекс не имеет аналогов в странах-участницах ОИЯИ.

ДРУГИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

РАБОТЫ В ОБЛАСТИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ СВЕРХПРОВОДИМОСТИ (ВТСП) [55]

ЛСВЭ участвует в работах по исследованию ВТСП в трех направлениях:

- 1) создание и исследование электрофизических свойств пленок ВТСП;
- 2) исследование ВТСП как нового класса материалов для сильноточной электроники;
- 3) исследование спектров пропускания и отражения пленок и массивных ВТСП материалов в длинноволновом ИК-диапазоне; изучение импульсной фотопроводимости ВТСП.

Высококачественные пленки ВТСП могут быть получены с применением различной техники вакуумного напыления на монокристал-

лические подложки из SrTiO_3 , MgO , LaAlO_3 и MgO_2 , но такие подложки не находят применения в микро- и оптоэлектронике из-за высокой стоимости, малых размеров, больших СВЧ-потерь и ряда других причин. Наиболее подходящими здесь являются кремний и сапфир, но последние вступают в химические реакции с ВТСП-материалами в процессе создания пленок. Эта проблема может быть разрешена путем образования буферного слоя между подложкой и ВТСП-пленкой. В результате совместных с ЭИ САН (Братислава, Словакия) экспериментальных исследований были получены ВТСП-пленки на подложках из кремния и сапфира с буферным слоем из окиси циркония. В обоих случаях толщина ВТСП-пленок составляла 100 нм, толщина буферного слоя 70—100 нм.

Исследования ВТСП как нового класса материалов для сильноточной электроники носили прикладной характер. В этих работах были определены режимы облучения ионами меди, углерода, рения пленок ВТСП типа 1–2–3 на подложках из латуни и кремния, при которых возможно получение различных геометрических структур типа меандр. Исследована схема LC-генератора с индуктивным накопителем энергии и прерывателем тока на основе ВТСП. Предложена и разработана методика импульсного измерения критических токов ВТСП. Разработаны и изготовлены два низкоимпедансных генератора импульсного напряжения.

На спектрометрическом комплексе на основе накопителя электронов КУТИ, работающем в ИК-диапазоне длин волн, велись измерения фононного спектра ВТСП и энергетической щели. Получены экспериментальные результаты по пропусканию синхротронного излучения пленкой $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ на подложке MgO при температуре $T = 20 \text{ K}$.

Работы сотрудников ЛСВЭ опубликованы также в [56–59]. В работе [56] обсуждается возможность индуцированной генерации когерентного излучения атомов газа при давлении ниже порога излучения Вавилова — Черенкова, направленного строго по движению заряженной релятивистской частицы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алеев А.Н. и др. — ЯФ, 1993, т.15, 10, с.110.
2. Алеев А.Н. и др. — ОИЯИ, Д1-93-36, Дубна, 1993, с.14.
3. Арефьев В.А. и др. — DESY-Цойтен, 93-01, 1993, с.27.
4. Алеев А.Н. и др. — ОИЯИ, Р10-93-26, Дубна, 1993, с.11.
5. Batyuna B.V., Boguslavsky I.V., Druncko D., Costa C., Gramenitsky I.M., Medved K.S., Ponta T., Simcovicova I.B. — JINR Rapid Commun., No.2[59]-93, Dubna, 1993, p.22.
6. Ардашев Е.Н., Богуславский И.В., Вишняков И.А. и др. — Препринт ИФВЭ, 93-99, Протвино, 1993.
7. Кравцов В.Д., Хмельников В.А. — ОИЯИ, Р1-93-353, Дубна, 1993.
8. Иванышин Ю.И. и др. — ОИЯИ, Е1-93-15, Дубна, 1993.
9. Beřkov A.A., Lanyov A.V., Schaale A. — DESY, 93-060.
10. Арбузов А.Б., Васендина В.А., Кураев Э.А., Никитин В.А. — ОИЯИ, Р2-93-304, Дубна, 1993.
11. Afanasyev L.G. et al. — Phys. Lett., 1993, 308B(1,2), p.200.
12. Гаврищук О.П. и др. — ПТЭ, 1993, 4, с.43; ОИЯИ, Р1-93-120, Дубна, 1993.
13. Akimenko S.B. et al. — Препринт ИФВЭ, 93-87 (ОЭФ), Протвино, 1993. Направлено в «Phys. Letters B».
14. Adeva B. et al. — Phys. Lett., 1993, B302, p.533.
15. Adeva B. et al. — CERN-PPE/93-206, 1993; Subm. to «Phys. Lett. B».
16. Benvenuti A.C. et al. — JINR, Е1-93-133, Dubna, 1993. Subm. to «Nucl. Phys. A».
17. Голубчиков А.В., Займидорога О.А., Смирнов О.Ю. — В сб.: Краткие сообщения ОИЯИ, №2[59]-93, Дубна, 1993.
18. Alimonti G. et al. — Nucl. Phys., 1993, B32, p.149.
19. Голубчиков А.В., Займидорога О.А., Смирнов О.Ю. — Направлено в ПТЭ.
20. Bonetti S. et al. — In: Proc. of the 2nd Intern. Workshop on Neutrino Telescopes. Venezia, 13–15 Febr., 1993.
21. Golutvin I.A. et al. — JINR, E2-93-16, Dubna, 1993.
22. Cheplakov A., Kirushin A., Kukhtin V., Denis R.St. — ATLAS Internal Note, Muon-No-21, 9 June, 1993.
23. Cheplakov A., Kurishin A., Denis R.St. — ATLAS Internal Note, Muon-No-22, 9 June, 1993.
24. Alexeev G., Cheplakov A., Halley A., Kurishin A. — ATLAS Internal Note, Muon-No-18, 21 February, 1993.
25. GEM Technical Design Report — SSCL-SR-1219.
26. Golutvin I. — GEM TN-93-440.
27. Golutvin I. — GEM TN-93-451.
28. Dergunov A. et al. — GEM TN-93-330.
29. Chvyrov A. et al. — GEM TN-93-466.
30. Golutvin I et al. — NIM, 1993, A333, p.536.
31. CMS Status Report — CERN/LHCC 93-48.
32. Badier J. et al. — CERN/DRDC-93-28.
33. Baturitsry M.A. et al. — GEM TN-93-430.
34. Sianfarani C. et al. — Preprint CERN, PPE/93-135. Directed to NIM.
35. Avdeichikov V.V., Bogdanov A.I. et al. — In: Proc. Intern. School-Seminar, E7-93-126, Dubna, 1993, p.125.
36. Cronquist M.,..., Avdeichikov V.V. et al. — Phys. Lett., 1993, B317, p.505.
37. Avdeichikov V.V. et al. — Preprint LUIP, 9309, 1993.
38. Avdeichikov V.V. et al. — Subm. to «Phys. Lett.», 1993; Nucl. Instr. and Meth., 1993, A336, p.381.
39. Zhabitsky V.M. et al. — In: Particle Accelerator Conference. Washington, 1993.

40. Balakin V.E., Dolbilov G.V. et al. — In: ICFA Workshop on Pulsed Power Sources. Dubna, Russia, 5—9 July, 1993.
41. Dolbilov G.V., Balakin V.E. et al. — In: V Int. Workshop on Next-Generation Liner Colliders. Stanford, CA, US, 13—21 October, 1993.
42. Saldin E.L., Schneidmiller E.A., Yurkov M.V. — JINR, E9-93-134, Dubna, 1993.
43. Saldin E.L., Schneidmiller E.A., Yurkov M.V. — Optics Commun., 1993, 95, p.141; 97, p.272.
44. Saldin E.L., Schneidmiller E.A., Yurkov M.V. — Optics Commun., 1993, 102, p.360; 103, p.205; 103, p.297.
45. Saldin E.L., Sarantsev V.P., Schneidmiller E.A., Yurkov M.V. — Proc. XIII National Conf. on Charged Particle Accelerators (Oct. 1992, Dubna), v.1, Dubna, 1993, p.36.
46. Saldin E.L., Sarantsev V.P., Schneidmiller E.A., Yurkov M.V. — JINR, E9-93-254, Dubna, 1993.
47. Alexahin Yu.I. — In: Proc. 2nd Workshop on JINR CTau Factory, D1,9,13-93-459, Dubna, 1993.
48. Alexahin Yu.I. — In: Proc. 3d Workshop on the Tau-Charm Factory, Marbella, Spain, 1—6 June, 1993 (to be published).
49. Alexahin Yu.I., Molodozhenzev A.Yu., Sidorov A.I. — In: Proc. 2nd Workshop on JINR CTau Factory, D1,9,13-93-459, Dubna, 1993.
50. Filippov Yu.P., Alexeev A.I., Ivanov A.V., Lunkin B.V. — Cryogenics, 1993, vol.33, No.8, p.828.
51. Алексеев А.И., Головин А.В., Лебедев Н.И., Филиппов Ю.П. — Свидетельство на промышленный образец. Решение о выдаче патента по заявке 63035/0779/49 от 25.07.93.
52. Filippov Yu.P., Miklayev V.M., Sergeev I.A. — In: International Workshop on Quantum Vorticity and Turbulence in He-II Flows. Goettingen, 4—6 November, 1993.
53. Sergeev I.A., Uchaikin S.V. — In: International Workshop on Quantum Vorticity and Turbulence in He-II Flows. Goettingen, 4—6 November, 1993.
54. Блинов А.В., Учайкин С.В., Булышев Ю.С., Серых С.В., Шнейдер А.Г. — Сверхпроводимость: физика, химия, техника, 1993, т.5, 6, с.1125.
55. Скинтей Р.Н. и др. — ОИЯИ, P14-93-411, Дубна, 1993, направлено в «Письма ЖТФ».
56. Тяпкин А.А. — В сб.: Краткие сообщения ОИЯИ, №3[60]-93, Дубна, 1993, с.26.
57. Туаркин А.А. — Монография в энциклопедической серии ЕДО. Изд-во «Taca Book», Милан, 1993.
58. Кекелидзе В.Д. — Рабочее совещание по экспериментам с фиксированной мишенью на ускорителе HERA, сентябрь 1993, DESY.
59. Капишин М.Н. — Рабочее совещание по экспериментам с фиксированной мишенью на ускорителе HERA, сентябрь 1993, DESY.

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

Программа научных и научно-методических исследований лаборатории в 1993 году включала в себя деятельность на 5 направлениях в рамках проблемно-тематического плана ОИЯИ*.

Исследования в области физики элементарных частиц, атомного ядра и конденсированного состояния проводились в широком международном сотрудничестве на базовых установках ОИЯИ, ИФВЭ, ЦЕРН, ПСИ, Лос-Аламоса и т.д.

Среди наиболее важных физических результатов следует выделить получение в ПСИ первых указаний на достижение рекордной (на два порядка лучшей) верхней границы вероятности конверсии мюона в антимюоний; измерение на фазотроне ОИЯИ константы индуцированного псевдоскалярного взаимодействия в процессах за-

хвата мюона ядрами кремния; доказательство образования атомов, состоящих из π^+ - и π^- -мезонов ($A_{2\pi}$), и достижение рекордного значения верхней границы вероятности распада $K_s^0 \rightarrow e^+ e^-$ в ИФВЭ; обнаружение в ЦЕРН значительного нарушения правила OZI в аннигиляции антипротонов на дейтерии, что, по-видимому, связано с наличием скрытой странности в протоне; всестороннее изучение на установке ДЕЛФИ сечений образования, времен жизни и мод распада адронов, содержащих тяжелые c - и b -кварки, а также определение константы сильного взаимодействия $\alpha_s(M_Z)$ из прецизионного КХД-анализа функций фрагментации кварков в адроны.

ЭКСПЕРИМЕНТЫ ПРИ НИЗКИХ И ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ЭНЕРГИЯХ

ЭКСПЕРИМЕНТЫ НА ФАЗОТРОНЕ ЛЯП

Завершена обработка данных эксперимента по поиску конверсии мюона в антимюоний на пучке «поверхностных» мюонов фазотрона ЛЯП, проводимого объединенной группой ПИЯФ (Гатчина) — ЛЯП ОИЯИ.

Общее число мюонов, прошедших через мишень, равно $3,5 \cdot 10^{11}$. Событий, связанных с переходом мюоний — антимюоний, не обнаружено.

Для верхней границы на вероятность процесса конверсии мюоний — антимюоний получено окончательное значение:

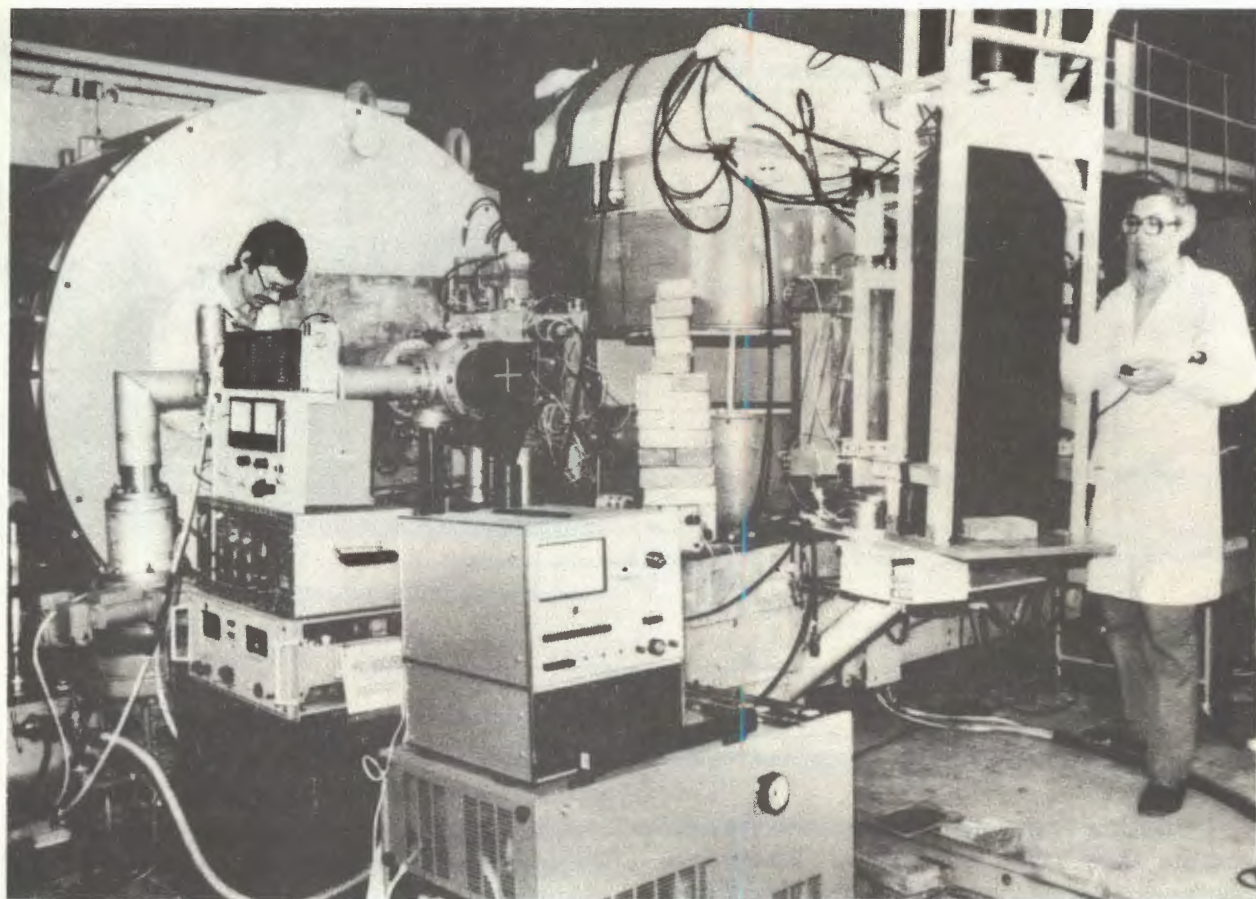
$$W_{\overline{MM}} < 3,9 \cdot 10^{-7} \text{ (90\% CL)}.$$

Новое значение для константы перехода мюоний — антимюоний $G_{\overline{MM}}$ не превышает значения $0,13 G_F$ (90% CL) [1].

Для исследования μ -каталитических процессов в смеси изотопов водорода были проведены испытания установки ТРИТОН, включающей в себя жидкотритиевую мишень, систему ее газобеспечения; детекторы пучка и нейтронов полного поглощения; электронику выделения остатков мюонов в мишени и выделения многоцикловых событий мю-катализа (нейтронов с энергией 14,1 МэВ), электронику и программное обеспечение для сбора информации, ее регистрации, сжатия, контроля и визуализации.

Сеансы на фазотроне с дейтериевым наполнением мишени подтвердили работоспособность всех систем. При проведении пробного сеанса с тритием стало ясно, что выделение трития стандартным образом и его последующая очистка от посторонних примесей на уровне 10^{-7} более трудная задача, чем предполагалось. Это связано с большим содержанием ^3He от распада трития.

*Полный отчет на английском языке обо всех экспериментах, проводимых в лаборатории в 1993 году, содержится в брошюре «Laboratory of Nuclear Problems. Annual report 1993», ОИЯИ 94-1, Дубна, 1994.



Установка МАКС для поиска переходов мюний — антимюний

В настоящее время прорабатывается новая система газообеспечения.

Для изучения структуры возбужденных состояний ядер переходной редкоземельной области ($N = 88-90$) и влияния ядерной деформации на вероятности переходов на комплексе ЯСНАПП с помощью спектрометров с полупроводниковыми детекторами измерены спектры γ -лучей, электронов внутренней конверсии, быстрых и задержанных γ - γ - и γ - e -совпадений некоторых короткоживущих нуклидов.

Впервые предложена схема распада ^{157}Yb [2], включающая ряд низкоспиновых состояний $^{157}\text{Tm}_{88}$, в том числе головные уровни некоторых полос, возбужденных в этом ядре в реакциях с тяжелыми ионами.

Существенно уточнена схема распада ^{159}Yb (1,4 мин). Установлены типы мультипольностей ряда γ -переходов, что позволило определить квантовые характеристики возбужденных уровней $^{159}\text{Tm}_{90}$ [3].

Для разрешения крайне противоречивой ситуации с характеристиками изомеров ^{156}Ho выполнены [4] исследования радиоактивного рас-

пада ядер с $A = 156$. Измерен период полураспада изомерного перехода $2^+ \rightarrow 5^+$: $T_{1/2} = (9,5 \pm 1,5)$ с.

Готовится методика определения ядерных моментов редкоземельных нуклидов ($\sim 10^9$ атомов) с использованием резонансной лазерной флуоресценции. Этим методом предполагается измерить спин ^{156g}Ho .

Проведены методические работы по подготовке эксперимента для обнаружения МЗ-изомерного перехода с энергией 39,7 кэВ в ^{152}Eu между состояниями с сильно различающейся формой. На электростатическом бета-спектрометре проведены систематические исследования оже-спектров ряда редкоземельных элементов [5].

С целью прецизионного определения граничных энергий спектров β -распада и масс нестабильных изотопов создана новая методика обработки спектров позитронов, измеренных на спектрометре с детектором из сверхчистого германия. При определении экспериментальных спектров учитывается сложение импульсов поглощения позитронов в детекторе с импульсами от аннигиляционного излучения, а также обратное перераспределение позитронов в детекторе. Граничные

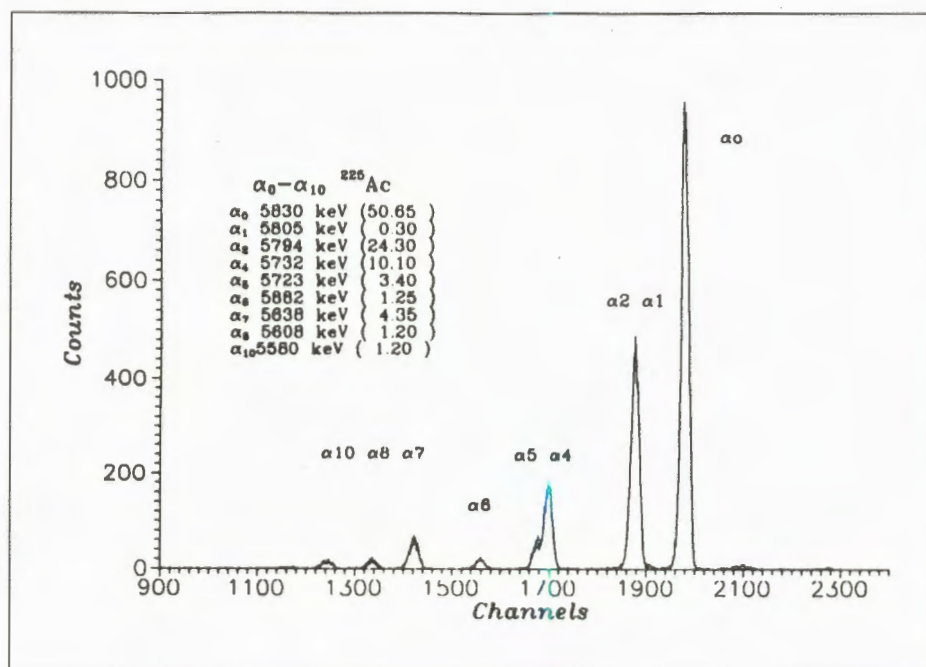


Рис. 1. Участок α -спектра ^{225}Ac , полученного на магнитном спектрометре с двойной фокусировкой. Разрешение на линии α_0 не хуже 6 кэВ

энергии позитронных спектров определяются методом кюри-плота.

Измерение граничных энергий позитронных спектров для ряда изотопов с известными энергиями β -распада показало, что систематическая ошибка проведенных измерений не превышает 30—50 кэВ в диапазоне энергий позитронов до 7,2 МэВ [6].

Разработан метод получения «тонких» источников α -излучения ^{225}Ac для прецизионной α -спектроскопии: $\text{FWHM} \approx 5$ кэВ на линии ^{225}Ac 5830 кэВ (рис. 1).

В рамках эксперимента по исследованию α -распада в области редкоземельных элементов начаты off-line исследования α -распада ^{225}Ac ($T_{1/2} = 10$ сут) и дочерних нуклидов ^{221}Fr (4,8 мин) и ^{217}At (32 мс). На основе изучения спектров γ -лучей, совпадающих с линиями тонкой структуры α -спектров ^{225}Ac и ^{221}Fr , построены схемы уровней ^{221}Fr и ^{217}At [7].

С целью экспериментального исследования возможностей производства ряда важных для медицины радионуклидов разработаны конструкции мишеней из технеция и тантала, позволяющие «захватывать» до 80% внутреннего протонного пучка фазотрона ОИЯИ и исключающие разогрев этих металлов до температуры плавления при тепловыделении 3—4 кВт·см⁻². Определены средние величины наработки целевых радионуклидов при этих облучениях в ядерных реакциях $^{99}\text{Tc}(p, 3n)^{97}\text{Ru}$, $E_p = 48$ МэВ и $^{181}\text{Ta}(p, 4n)^{178}\text{W}$, $E_p = 70$ МэВ. Они составили

для ^{97}Ru 50 мКи/ч ($\pm 15\%$) и для ^{178}W 4,5 мКи/ч ($\pm 15\%$) [8].

Проведены первые успешные эксперименты по дистилляции тетраоксида рутения из растворов, содержащих высокие концентрации техневической кислоты. Доказана принципиальная возможность многократного ионообменного разделения ^{225}Ac и 5—10 мг ^{229}Th в цитратных растворах без потерь материнского радионуклида (актиниевый генератор).

Проведен эксперимент по измерению индуцированного псевдоскалярного взаимодействия при захвате поляризованных мюонов ядрами ^{28}Si . Исследовалась угловая корреляция между спином мюона и импульсами нейтрино и γ -кванта. Из анализа специфической формы γ -линий было получено модельно-независимое отношение ядерных амплитуд [9]:

$$M_1(+2)/M_1(-1) = 0,264 \pm 0,046,$$

что позволяет дать оценки на фундаментальное отношение формфакторов g_p/g_A . В упрощенной модели (Fujii — Primakoff) — $g_p/g_A = 8,1 \pm 1,6$; в модели с учетом ядерных матричных элементов (Parthasarathy — Sridhar) — $g_p/g_A = 6,6 \pm 2,0$ и в модели, учитывающей помимо ядерных матричных элементов также релятивистские поправки (Parthasarathy — Sridhar), — $g_p/g_A = 2,3 \pm 2,1$.

Результаты указывают на возможное подавление псевдоскалярного взаимодействия адронной средой (вопреки гипотезе PCAC, дающей значение $g_p/g_A = 0,7$) и на необходимость прове-



Установка для измерений дифференциальных возмущений угловых $\gamma\gamma$ -корреляций

дения дополнительных теоретических исследований, которые внесли бы ясность в вопрос о применимости тех или иных моделей.

По программе исследования конденсированных сред μSR (Muon Spin Rotation)-методом выполнены эксперименты в диапазоне температур 10—240 К с особоистым образцом CuO . При температурах 227 К и 213 К зарегистрированы магнитные фазовые переходы. В фазе соизмеримости ниже 55 К наблюдались четыре частоты ларморовской прецессии спина мюона (рис.2). С повышением температуры три из них исчезают, что можно объяснить быстрым туннелированием мюона между двумя эквивалентными в кристаллографическом смысле порами [10].

Проведено исследование магнитных свойств купрата $\text{Y}_2\text{Cu}_2\text{O}_5$ в диапазоне температур 4,2—30 К [11]. Кроме известного фазового перехода при 13 К обнаружена особенность в температурной зависимости магнитного поля на мюоне вблизи температуры 7,5 К, что может интерпретироваться как дополнительный фазовый переход, связанный с изменением направления магнитных моментов ионов меди (рис.3).

Выполнены эксперименты в нулевом магнитном поле с антиферромагнитным керамическим образцом $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ в диапазоне температур 10—300 К. Функции поляризации спина мюона, полученные в нулевых полях, явно демонстрируют ненулевую начальную фазу прецессии $\phi \approx -0,35$ рад. Возможное объяснение этому — существование локальных динамических магнитных полей на мюоне.

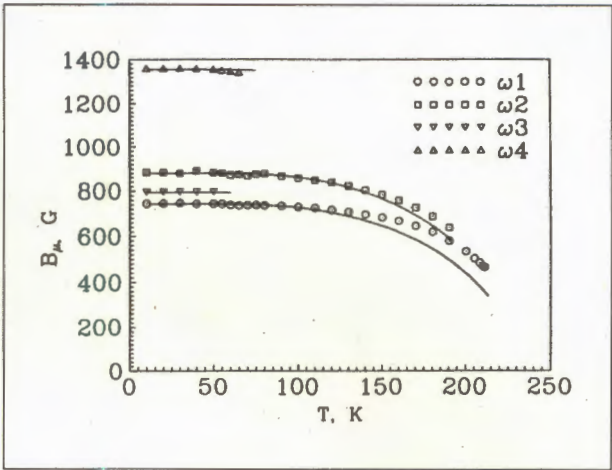


Рис. 2. Температурная зависимость частот мюонной прецессии в CuO (сплошные линии — функции Бриллюэна $S = 1/2$)

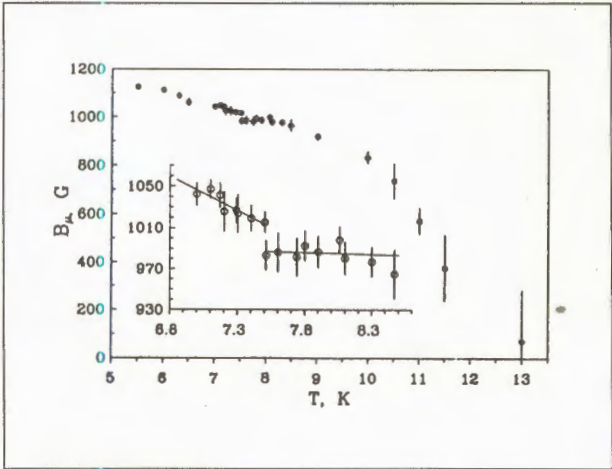


Рис. 3. Локальные поля на мюоне в $\text{Y}_2\text{Cu}_2\text{O}_5$, полученные в ZF- μSR -эксперименте

ЭКСПЕРИМЕНТЫ НА ВНЕШНИХ УСКОРИТЕЛЯХ

В 1993 году главной задачей группы, работающей в эксперименте PS201 (OBELIX) в ЦЕРН, было исследование нарушения правила Окубо — Цвейга — Изуки в аннигиляции антипротонов на дейтерии. На статистике 1,1 миллион событий были измерены вероятности образования Φ - и ω -мезонов в реакциях аннигиляции антипротонов в покое (рис.4):

$$\bar{p} + d \rightarrow \pi^- + \Phi + p,$$

$$\bar{p} + d \rightarrow \pi^- + \omega + p.$$

Значения вероятностей определены в двух диапазонах импульсов протона: в области спекторных

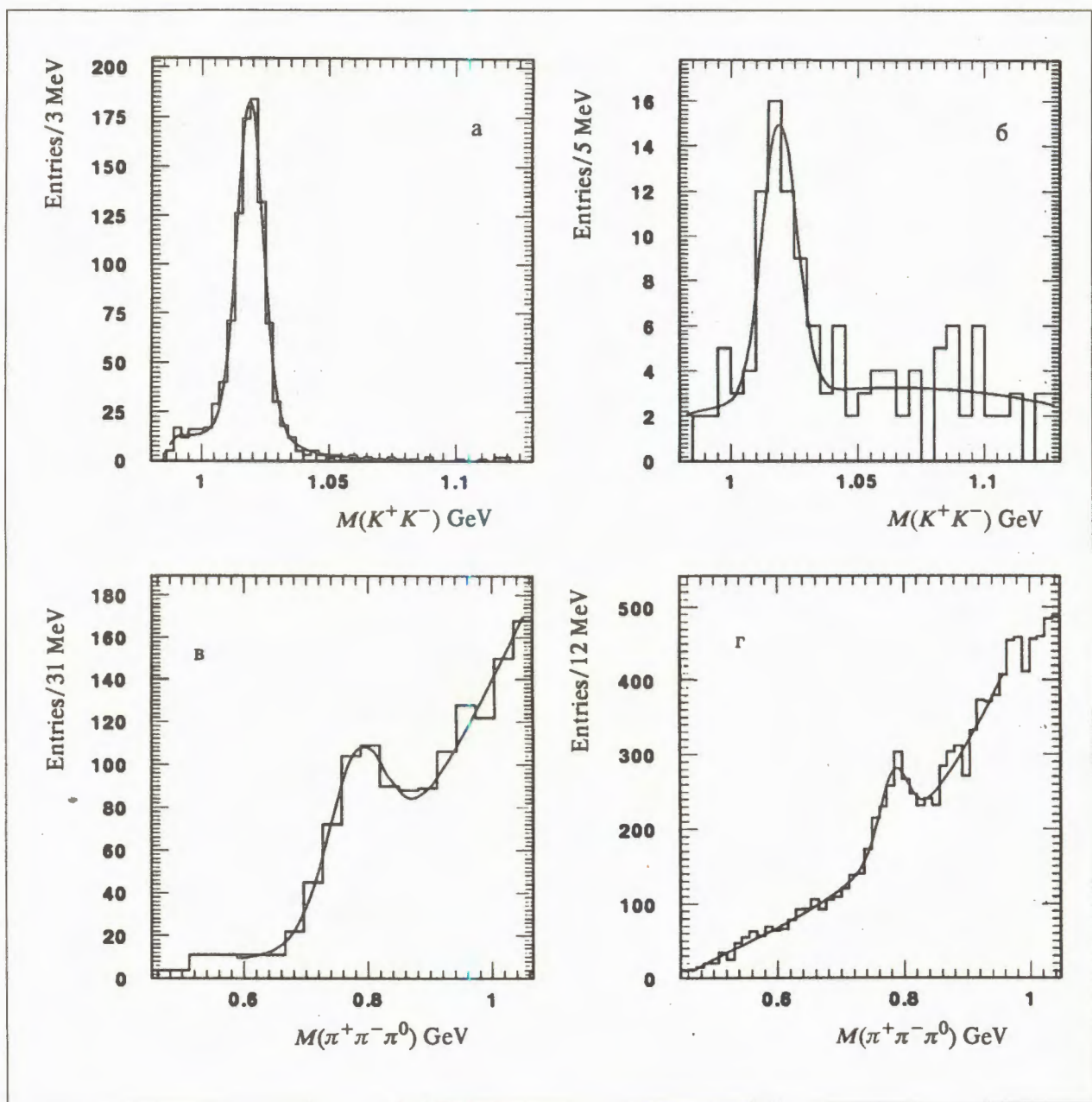


Рис. 4. Спектр инвариантных масс $2K$ (а, б) и 3π (в, г) для событий с импульсом протона $p < 200$ МэВ/с (а, в) и $p > 400$ МэВ/с (б, г). Сплошной линией показан результат аппроксимации экспериментального спектра резонансной кривой и плавным фоном

протонов, где импульс $p < 200$ МэВ/с, и для протонов с импульсами $p > 400$ МэВ/с.

Отношение R этих величин таково:

$$R(\Phi\pi^-/\omega\pi^-) = (133 \pm 33) \cdot 10^{-3}, \quad p < 200 \text{ МэВ/с}, \\ (113 \pm 40) \cdot 10^{-3}, \quad p > 400 \text{ МэВ/с}.$$

Это значительно больше, чем следует из правила Окубо — Цвейга — Изуки, если рождение Φ -мезона обусловлено слабой примесью легких кварков в его волновой функции. В этом случае $R = (0,15 \pm 4,2) \cdot 10^{-3}$.

Следует отметить, что степень нарушения правила Окубо — Цвейга — Изуки в антипротонной аннигиляции значительно выше, чем наблюдалось в экспериментах по πp - или pp -рассеянию. Обычно отношение $R(\Phi X/\omega X)$, найденное в этих экспериментах, достигает значений $R = (20 \pm 30) \cdot 10^{-3}$.

Эти результаты достаточно нетривиальны, поскольку среди причин нарушения правила Окубо — Цвейга — Изуки обсуждается и возможность значительной примеси странных кварков в нуклонной волновой функции. Поэтому экспериментальная информация о рождении Φ -мезона в

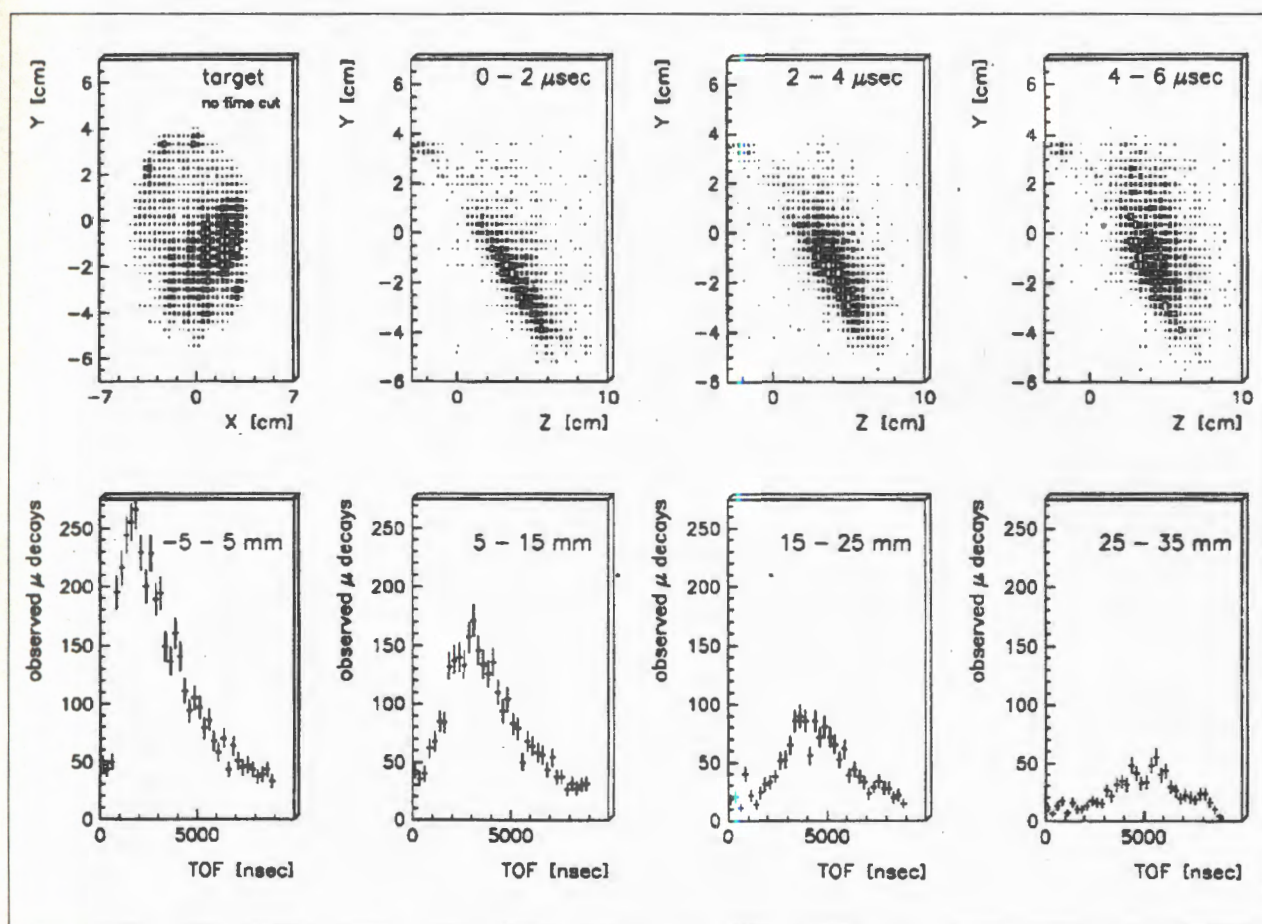


Рис. 5. Распределения мюониев в вакууме, в пространстве вне мишени в эксперименте по поиску конверсии мюония в антимюоний на ускорителе PSI

антипротонной аннигиляции может иметь отношение к весьма фундаментальным аспектам структуры протона.

В распределении по инвариантной массе 4 пионов реакции

$$\bar{p} + d \rightarrow 3\pi^- + 2\pi^+ + p_s \text{ (спектатор)}$$

группой OBELIX наблюдался широкий пик в области, где ранее было зарегистрировано $\xi(1480)$ -состояние, рассматриваемое как кандидат в глоболы. После вычитания комбинаторного фона получены параметры пика, аппроксимированного нормальным распределением: $M = 1,487 \pm 0,002$, $\sigma = (0,090 \pm 0,002)$ (ГэВ/ c^2). Планируется дальнейшее изучение этого состояния.

В рамках эксперимента по поиску конверсии мюония в антимюоний на ускорителе Paul Scherrer Institut (ПСИ) изготовлена, поставлена в ПСИ и использована в эксперименте новая система вывода информации из анодных проволочек спектрометра SINDRUM (10 блоков KAMAK). Время вывода информации составило ~ 30 мкс.

Получен экспериментальный материал, позволяющий определить эффективность регистрации отдельных узлов установки и оценить верхнюю границу вероятности переходов мюоний — антимюоний. В мишени было остановлено $\sim 10^{12}$ мюонов. По самой консервативной предварительной оценке, количество регистрируемых распадов мюониев в вакууме составляет значение не менее 10^{-4} на одну остановку мюона в мишени. Полученные данные позволят сделать оценку вероятности переходов мюоний — антимюоний на уровне 10^{-8} , что примерно на 2 порядка ниже установленной ранее границы. На рис.5 показаны наблюдаемые распределения мюониев в вакууме, в пространстве вне мишени.

Для подготовки экспериментов по изучению кумулятивной фрагментации дейтрона в эксклюзивной поляризационной постановке и подпорогового рождения каонов на синхротроне COSY (коллаборация ZDF) проведено компьютерное моделирование заднего детектора и вычислены его ожидаемые параметры [12]. Изготовлены сцинтилляторы годоскопа, опытный модуль годоскопа и стенд для контроля и настройки камер.



Рабочий макет установки для исследования электрон-нейтринных угловых корреляций в β -распаде

Собран в Юлихе стенд для испытания модуля дрейфовых камер. Модуль установлен на кольце синхротрона COSY, и начаты его испытания при работающем ускорителе.

Предложена схема переднего детектора, и проведен первый этап компьютерного моделирования. В качестве проволочных камер детектора принят новый тип быстрых пропорциональных камер. Разработано и предложено на рассмотрение коллаборации два варианта системы съема информации с проволочных камер установки. Проанализированы возможности мониторингирования светимости и контроля положения зоны взаимодействия пучка с мишенью [13].

Целью коллабораций TGV и NEMO является измерение эффективной массы майорановского нейтрино на уровне 0,1 эВ посредством изучения двойных бета-распадов $2\beta 2\nu$ и $2\beta 0\nu$ ^{100}Mo и других ядер.

Спектрометры TGV-1, NEMO-1 и NEMO-2 находятся в подземной лаборатории Fréjus (Modane, Франция).

TGV-1 спектрометр состоит из 16 планарных HPGe-детекторов и обладает высокой эффективностью, хорошим энергетическим и временным разрешением. Он используется для измерения радиоактивных примесей в фольге ^{100}Mo , для исследования $2\beta 2\nu$ -распада ^{100}Mo и 2β -распадов других изотопов, доступных лишь в малых объемах.

В 1993 году NEMO-2 спектрометр работал в течение 2485 часов с целью изучения 2β -распада обогащенного молибдена ^{100}Mo (172g, 95%). В результате для величины времени жизни было получено значение

$$T_{1/2}(2\beta 2\nu) = (1,0 \pm 0,08) (\text{stat.}) \pm 0,2 (\text{syst.}) \cdot 10^{19} \text{ лет.}$$

Измерены также нижние границы других мод 2β -распада [14].

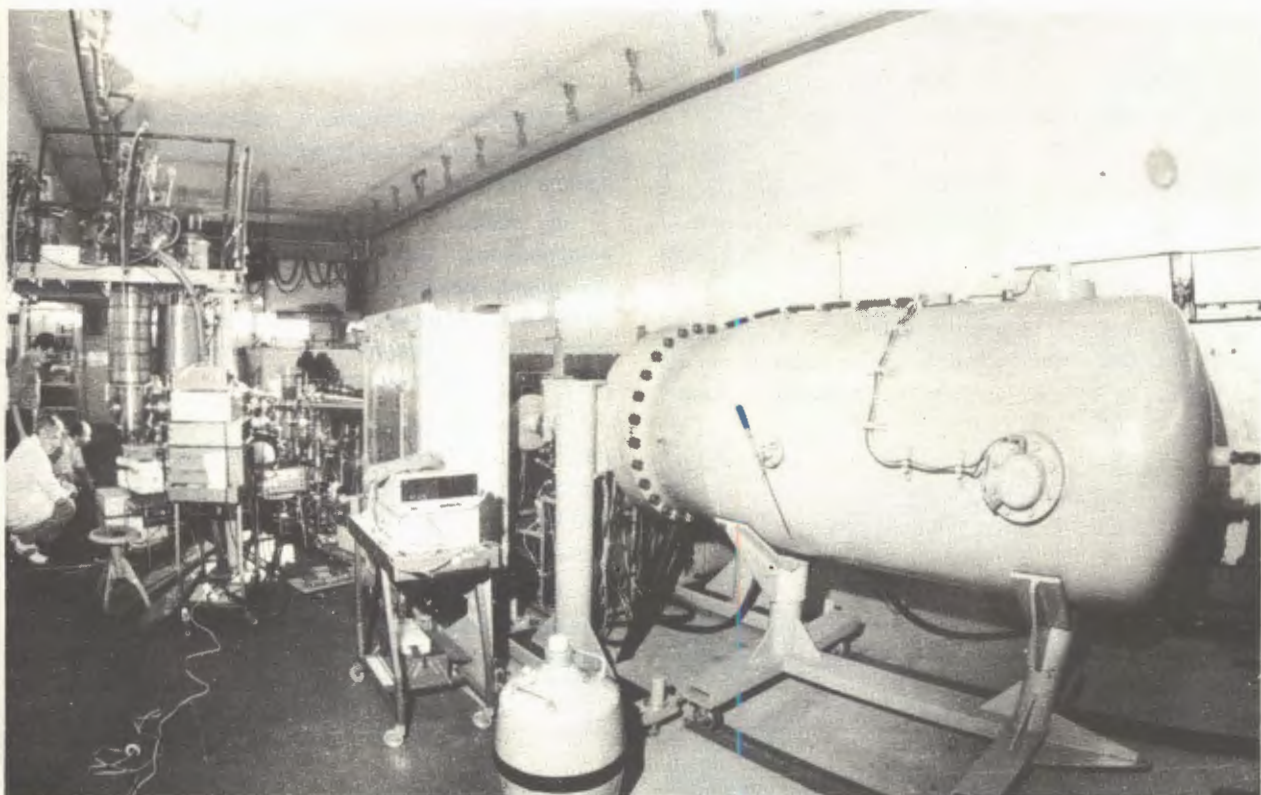
NEMO-2 является прототипом большого спектрометра NEMO-3 [15], который был разработан в 1993 году для исследования 10 кг обогащенного ^{100}Mo . В задачу ЛЯП входит производство 1200 пластиковых сцинтилляционных детекторов ($20 \times 20 \times 10 \text{ см}^3$) для этой установки. В 1993 г. были измерены энергетические и временные характеристики таких детекторов [16].

На циклотроне У-400М ЛЯР идет подготовка эксперимента по подпороговому рождению пионов и эмиссии легких заряженных частиц в столкновениях тяжелых ионов при энергиях ниже 60 МэВ.

На первом этапе экспериментальной программы были измерены спектры легких частиц (p, d, t), образованных в результате столкновений ядер ^{16}O с Al и Au при энергиях 210 и 310 МэВ.

Первые измерения показали, что экспериментальная установка позволяет регистрировать протоны начиная с энергии до 150 МэВ. Ранее в аналогичной реакции удавалось измерять протоны с энергией не более 90 МэВ. Таким образом, появилась возможность проводить исследования при существенно более низких (на 3—4 порядка) значениях сечений этих процессов [17]. Это стало возможным благодаря удачному сочетанию высокой интенсивности пучка циклотрона У-400М и нетрадиционной для физики тяжелых ионов техники многослойных телескопов.

На пучке пионов LAMPF с помощью 4л BGO-ball детектора сотрудниками ЛЯП в интервале энергий 20—50 МэВ выполнены прецизионные измерения дифференциальных и полных сечений поглощения пионов ядрами дейтерия и углерода.



Установка для исследования поляризационных явлений при низких энергиях (Прага, Карлов университет)

Данные позволят окончательно ответить на вопрос о наличии резонансного поведения сечения поглощения в этой области энергий.

Получен также полный набор данных для изучения энергетической и массовой зависимости двухпротонной компоненты сечения поглощения пионов в области энергий ниже Δ -резонанса, и набрана статистика, позволяющая оценить вероятность прямого рождения низколежащих состояний пионных атомов.

В задачу эксперимента E-225 (LNS, Saclay) входила проверка существования структуры в упругом pp -рассеянии при энергиях около 2,1 ГэВ и выполнение полного опыта в pn -квазиупругом рассеянии между 1,1 и 2,7 ГэВ.

С целью устранения фона при измерении квазиупругого pn -рассеяния установлен дополнительный годоскоп для регистрации нейтронов, что значительно улучшило получаемые результаты и их нормировку [18]. Кроме того, были одновременно поляризованы две мишени в одном криостате. Это был первый тест новых материалов ^6LiD и ^6LiH . Проверена новая система поворота спина мишени в продольном направлении, состоящая из трех дипольных и двух соленоидальных магнитов.

Окончательный вариант работоспособной поляризованной мишени на основе ^6LiD для pn -эксперимента будет готов в 1994 году.

Для проверки с высокой точностью наличия структуры в упругом pp -рассеянии в области 2,1 ГэВ использована протонная поляризованная мишень. В результате прямого восстановления амплитуд, выполненного для энергии 2,1 ГэВ, получены два решения, отличающиеся знаком фазы амплитуды [19]. Дальнейшие измерения с новой системой поворота спина позволят отобрать правильное решение и улучшить точность восстановления амплитуды pp -рассеяния.

Для изучения спиновой зависимости амплитуд pn -рассеяния на пучке поляризованных нейтронов Карлова университета (Прага) при энергии 16 МэВ в ЛЯП изготовлена поляризованная мишень [20].

Она имеет форму цилиндра с диаметром 20 мм и длиной 60 мм. Предельная поляризация протонов, получаемая динамическим методом, составляет $\approx (95 \pm 3)\%$ и поддерживается при температуре около 20 мК в удерживающем магнитном поле 0,37 Тл с большой апертурой для рассеянных частиц. Время релаксации поляризации в этих условиях составляет ~ 1000 часов.

На мишени измерена разность полных сечений в чистых спиновых состояниях $\Delta\sigma_r$. В 1994 г. планируется измерить «продольную» разность сечений $\Delta\sigma_l$.

ЭКСПЕРИМЕНТЫ В ЦЕРН

Как известно, DELPHI — это детектор общего назначения, работающий на LEP и предназначенный для изучения физических явлений при энергиях рождения Z^0 -бозона.

Сотрудники ОИЯИ участвовали в его создании, обеспечении эксплуатации, в физическом анализе данных и разработке программ модификации данного детектора.

Около 20000 стримерных трубок произведено в Дубне для адронного калориметра, и в настоящее время сотрудники ОИЯИ обеспечивают их надежное функционирование [21].

В 1993 году физики ОИЯИ принимали участие в выполнении глобального анализа в рамках электрослабой теории и проверке стандарт-

ной модели, проводили исследования времен жизни и мод распада B -мезонов с использованием J/Ψ -мечения [23].

В области исследования квантовой хромодинамики они участвовали в измерениях функции фрагментации, определении констант сильного взаимодействия, поиске явлений поляризации кварков и измерении фотонной структурной функции [22].

В рамках программы модернизации DELPHI сотрудники ОИЯИ участвовали в создании дополнительных мюонных камер. Вклад Дубны — это производство детекторов и разработка электроники к ним.

В 1993 году коллаборацией DELPHI опубликовано 13 статей в ведущих физических журналах.

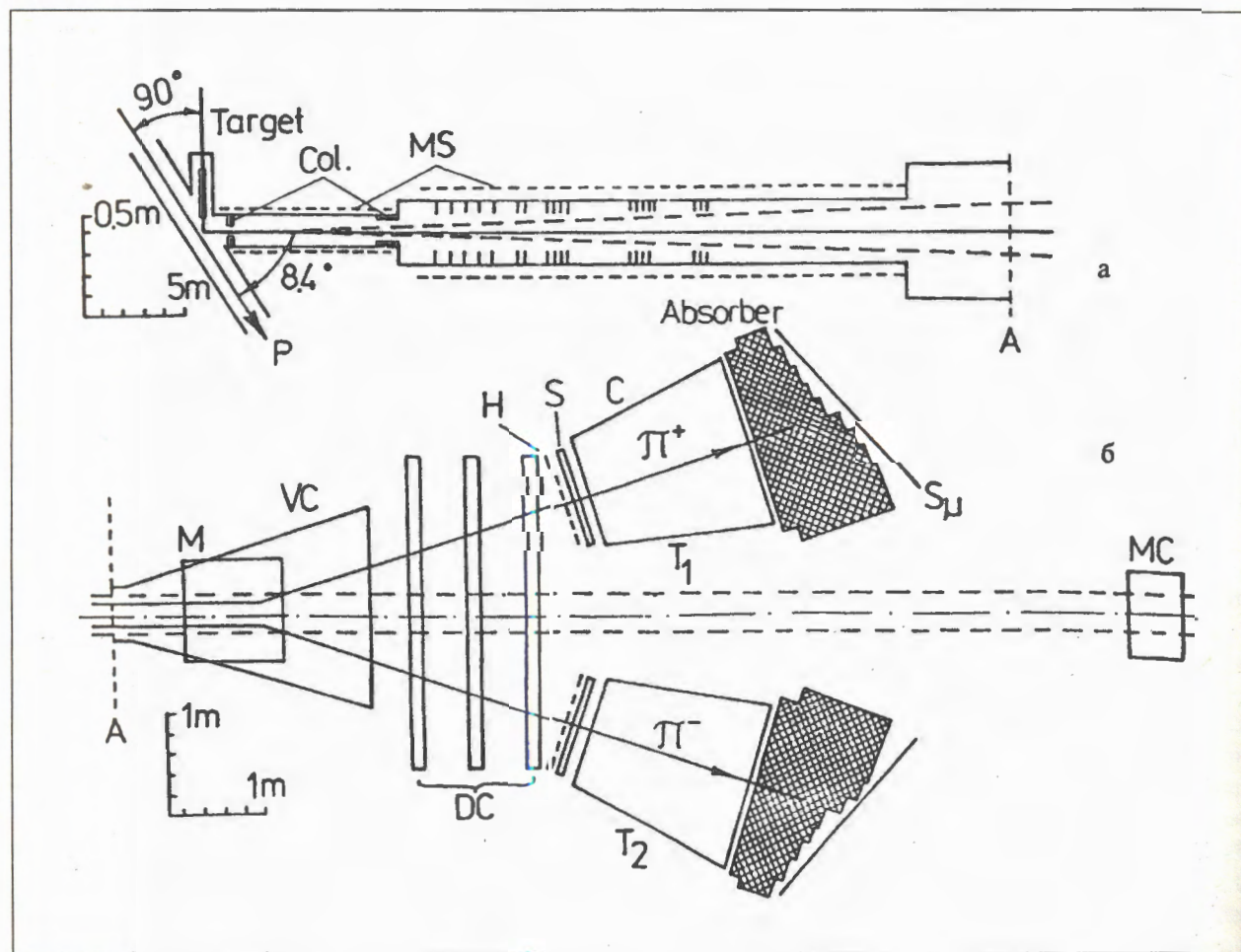


Рис. 6. Экспериментальная установка для наблюдения $(\pi^+\pi^-)$ -атомов. а) Схема канала: p — внутренний протонный пучок, Target — устройство ввода мишени, Col — колликтор, MS — магнитная защита; б) магнит и детекторы: М — полюса магнита, VC — вакуумная камера, DC — дрейфовые камеры, H — сцинтилляционные годоскопы, S, S_μ — сцинтилляционные счетчики, C — газовые черенковские счетчики, Absorber — поглотитель из чугуна, MC — мониторные счетчики

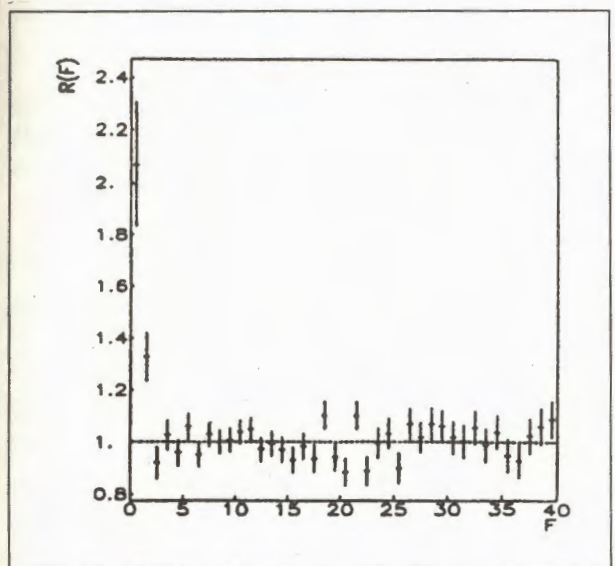


Рис. 7. Отношение экспериментального распределения $\pi^+\pi^-$ -пар по относительному импульсу к аппроксимирующему распределению. Наличие пар от развала $\pi^+\pi^-$ -атомов приводит к отклонению отношения от единицы в первых двух каналах

Первые результаты эксперимента WA-91 [24] по поиску $ne-q\bar{q}$ -мезонов в протон-протонных взаимодействиях при 450 ГэВ/с с помощью Ω -спектрометра ЦЕРН подтвердили наличие $X(1450)$ - и $X(1900)$ -мезонных резонансов в $\pi^+\pi^-\pi^+\pi^-$ -канале при 300 ГэВ/с. Указания на эти структуры впервые получены на меньшей статистике в эксперименте WA-76.

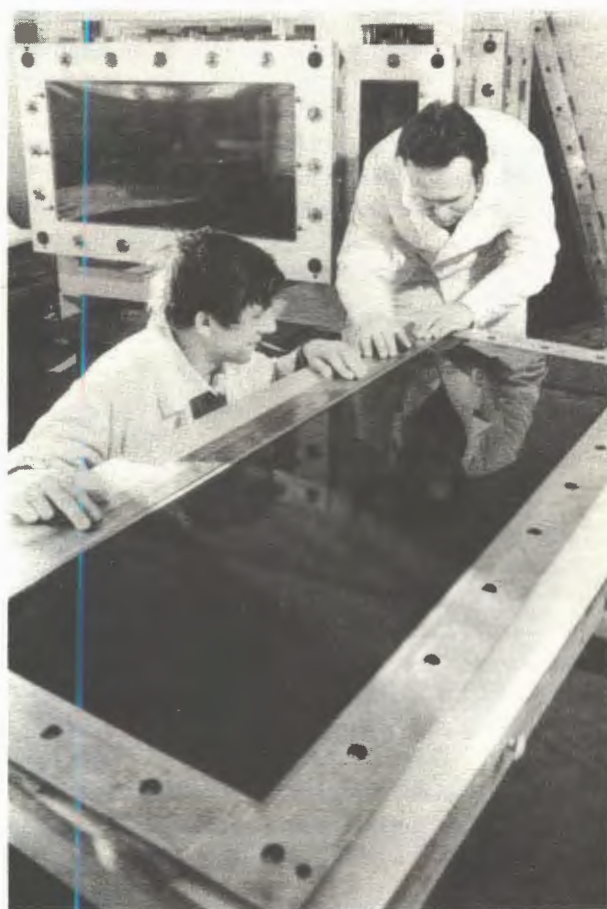
Сотрудники лаборатории отвечают в этом эксперименте за работу калориметра из свинцового стекла, систему электронного триггера и алгоритмы реконструкции электромагнитных ливней.

Закончен набор статистики в эксперименте WA-92 по измерению времени жизни «прелестных» частиц и сечений их адронного рождения. Набрано около 60 миллионов событий с D - и B -мезонами. Разработанная в ЛЯП система триггера для электромагнитного калориметра была успешно использована при отборе электронов и фотонов с большим поперечным импульсом.

В 1993 году продолжились работы по созданию установки NOMAD (эксперимент ЦЕРН WA-96) для поиска осцилляций $\nu_\mu \leftrightarrow \nu_\tau$.

Проведено испытание первого модуля детектора переходного излучения на тестовом пучке электронов с энергией 10 ГэВ на SPS ЦЕРН. Получено хорошее разделение по амплитуде сигналов от ионизационных потерь и переходного излучения.

Выполнен новый анализ кинематических критериев [25] с целью уменьшения фона и



Дрейфовые камеры для экспериментов по измерению времени жизни димезоатомов

увеличения эффективности выделения адронных мод распада τ -лептонов. В результате чувствительность эксперимента к осцилляциям $\nu_\mu \leftrightarrow \nu_\tau$ увеличена примерно на 20%.

Создано новое программное обеспечение для моделирования установки НОМАД [26].

Сотрудниками ЛЯП и филиала НИИЯФ МГУ в Дубне осуществлено наблюдение (272 ± 49) атомов, образованных π^+ - и π^- -мезонами [27] на ускорителе У-70 в Протвино, и получена оценка времени жизни этого атома в основном состоянии: $\tau = (2,9^{+ \infty}_{-22,1}) \cdot 10^{-15}$ с или $\tau > 0,3 \cdot 10^{-15}$ с (с вероятностью 98%). Атомы образовывались при взаимодействии с танталовой мишенью внутреннего пучка протонов с энергией 70 ГэВ. Наблюдались пары π^+ - и π^- -мезонов от развала атомов в той же мишени. Экспериментальная установка и полученные результаты приведены на рис.6 и 7.

ЦЕРН одобрил подготовленное сотрудниками ЛЯП письмо о намерениях, в котором предлагается измерить время жизни $\pi^+\pi^-$ -атома с точностью лучше 10% для проверки предсказаний КХД

при низких энергиях. В соответствии с этим совместно с коллаборантами из ЦЕРН и научных центров Западной Европы ведется разработка проекта эксперимента на PS ЦЕРН.

В рамках подготовки проекта выполнены расчеты выходов и спектров димезоатомов на PS ЦЕРН, динамики взаимодействия димезоатомов с веществом и работы по изготовлению плат и высоковольтных электродов 34 дрейфовых камер.

ЭКСПЕРИМЕНТЫ НА УСКОРИТЕЛЕ В ПРОТВИНО

Проведен сеанс облучения установки ГИПЕРОН в ИФВЭ на пучке 10 ГэВ/с. Набрано 2,5 млн триггеров для исследования распадов K^+ - и K^0 -мезонов.

При обработке событий с K_s^0 -мезонами найдено новое [28] значение верхней границы вероятности распада K_s^0 -мезона на электрон-позитронную пару: $Br(K_s^0 \rightarrow e^+e^-) < 2,8 \cdot 10^{-6}$, что примерно в три раза лучше имеющегося мирового предела.

Получено предварительное значение коэффициента «g» матричного элемента распада $K^+ \rightarrow \pi^+\pi^0\pi^0$: $g = 0,67 \pm 0,04$, согласующееся со среднемировым значением $g = 0,594 \pm 0,019$.

На основе собранных ранее данных определено значение элемента матрицы СКМ [29] $V_{us} = 0,2226 \pm 0,0024$, что подтверждает наилучшую из имевшихся ранее оценок: $V_{us} = 0,2196 \pm 0,0023$ (PDG 1992), а также закончено исследование инклюзивного образования K_s^0 -мезонов в π^+A - и K^+p -взаимодействиях при 11 ГэВ/с [30].

На нейтринном детекторе ИФВЭ — ОИЯИ начат новый эксперимент по поиску $\nu_e \leftrightarrow \nu_\mu$ осцилляций. Его принципиальное отличие заключается в использовании нейтринного канала с короткой распаднй базой — 12,6 м (вместо обычных 100—400 м). Это позволяет в 3 раза улучшить существующие пределы на амплитуду осцилляций $\nu_e \leftrightarrow \nu_\mu$ при прохождении через мишень $5 \cdot 10^{18}$ протонов.

Проведен первый сеанс измерений на статистике $1,4 \cdot 10^{18}$ протонов (30% от необходимого по проекту). Выделены события, соответствующие реакции $\tilde{\nu}_e + N \rightarrow e^\pm + X$. Данные анализируются с целью поиска осцилляций. Одновременно начата обработка данных по каналам $\nu_\mu + N \rightarrow \mu^- + X$ и $\tilde{\nu}_\mu + N \rightarrow \mu^+ + X$ для

анализа отношения сечений $\sigma(\tilde{\nu}_\mu)/\sigma(\nu_\mu)$ в интервалах энергий 2—30 ГэВ.

В 1993 году продолжена обработка данных с установки ПРОЗА-М для эксперимента по измерению анализирующей способности в реакции $pp \rightarrow \pi^0 X$ при 70 ГэВ.

ЭКСПЕРИМЕНТЫ НА СИНХРОФАЗОТРОНЕ ОИЯИ

Исследование мультифрагментации мишени в ядро-ядерных соударениях при промежуточных и высоких энергиях проводятся с помощью 4л-установки ФАЗА на пучке релятивистских легких ядер синхрофазотрона ОИЯИ. Установка ФАЗА состоит из детектора множественности фрагментов промежуточной массы и пяти телескопов.

Результаты изучения мультифрагментации мишени при соударении ^4He (14,6 ГэВ) + Au приводят к следующему заключению: средняя множественность фрагментов равна $5,1 \pm 0,8$, что соответствует энергии возбуждения более 1000 МэВ; массовый спектр фрагментов описывается законом $A^{-\tau}$, где параметр τ проявляет «критическое поведение», предсказываемое моделями с фазовым переходом жидкость — газ (рис.8); в момент развала ядро имеет плотность, в 3—5 раз меньшую нормальной, и время жизни возбужденного спектатора мишени не превышает 10^{-21} с.

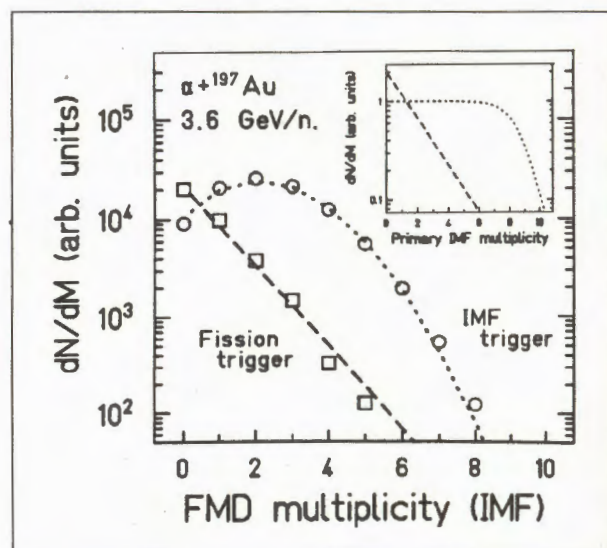


Рис. 8. Распределение по множественности фрагментов промежуточной массы ($3 \leq Z \leq 20$), измеренное с помощью установки ФАЗА. Представлены два класса событий: мультифрагментация (кружки, IMF-триггер) и деление (квадраты). Кривые получены путем «свертки» распределений, показанных во вставке, с матрицей отклика установки

РАЗРАБОТКА КРУПНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

В 1993 году лаборатория принимала участие в разработке проекта соленоидального детектора (SDC) для экспериментов на сверхпроводящем суперколлайдере SSC.

При непосредственном участии сотрудников ЛЯП на производственном объединении «Атоммаш» изготовлены два полномасштабных прототипа блоков мюонного Barrel Toroid (MBT), каждый весом 90 тонн. Испытания показали, что эти блоки удовлетворяют всем необходимым требованиям.

Специалисты ЛЯП приняли активное участие в разработке сцинтилляционных счетчиков для SDC и проекта поглотителя центрального адронного калориметра SDC в Fermilab (Батавия, США). Они также участвовали в моделировании физических процессов и триггеров для SSCL, в разработке метода резистивного газового счетчика для системы мюонного триггера, в производстве и тестировании многочастичных пропорциональных камер.

Лаборатория активно участвует в коллаборации ATLAS, которая будет проводить эксперименты на большом адронном коллайдере (LHC в ЦЕРН) (рис.9).

В настоящее время ведутся совместные работы с Институтом Макса Планка в Мюнхене (МПИ). Главной целью в 1993 году была мюонная система, включающая детекторы для преци-



Дрейфовая камера на основе уникальной технологии формования блоков из лавсановых трубок



Волгодонск. Группа инспекторов коллаборации ОИЯИ — SSCL (США) со специалистами «Атоммаша» у первой плиты магнита для установки SDC

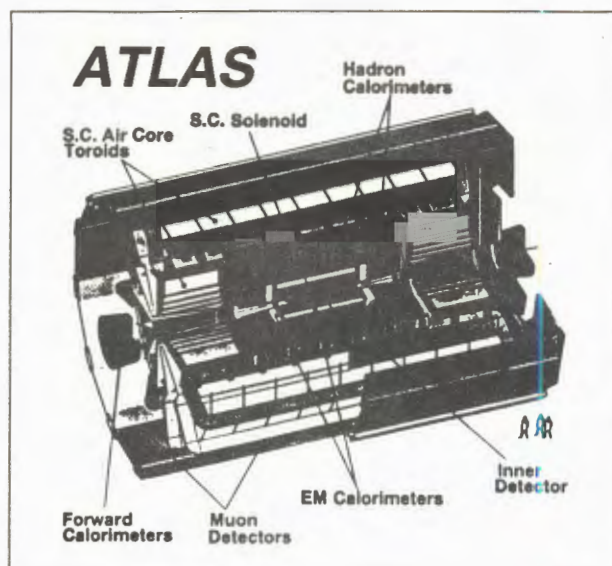


Рис. 9. Детектор ATLAS

зионного измерения координат (дрейфовые трубки высокого давления — HPDT).

На тестовом пучке SPS ЦЕРН испытаны прототипы детекторов для мюонной системы, изготовленные в Дубне и МПИ. Для МПИ-детекторов в Дубне также разработана и сконструирована специальная front-end электроника (около 700 каналов). Результаты испытаний оказались успешными: для прототипа размером $1 \times 1 \text{ м}^2$ получено пространственное разрешение 50–60 микрон.

На нейтронном пучке ИБР-30 исследована эффективность трубок высокого давления для регистрации нейтронов.

Совместно с Санкт-Петербургским институтом точной механики и оптики разработан и сконструирован первый прототип оптической системы прецизионного определения взаимного расположения детекторов установки ATLAS. Он испытан в Институте Макса Планка.

В 1993 году разработан инженерный проект τ -charm фабрики ОИЯИ, включающий в себя электромагнитные и вакуумную системы, системы инжекции и питания. Предложены и рассмотрены различные варианты ВЧ-питания. Исследованы различные ВЧ-линии передач, усилители и т.д. Вариант, базирующийся на клистронном усилителе мощностью около 80 кВ, был выбран для дальнейшей разработки.

Как следствие интернациональной коллаборации предложена версальная (versatile) схема τ -charm фабрики, позволяющая начать с обычной схемы фабрики и имеющая возможность реализации как сгаб-кроссинга, так и монохроматизации.

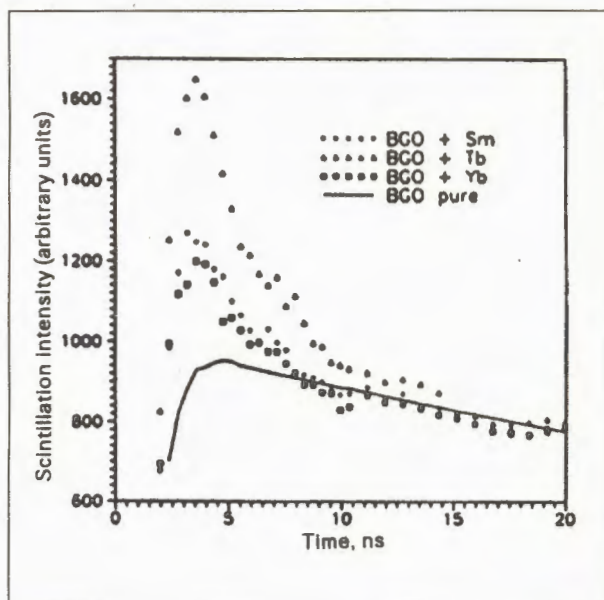


Рис. 10. Временные спектры BGO-кристаллов

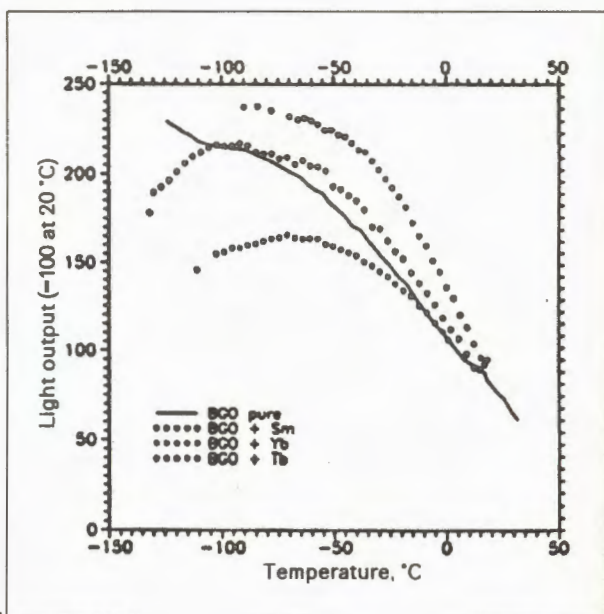


Рис. 11. Температурная зависимость световыхода BGO-кристаллов

Основные результаты разработки ускорителя обсуждались на II рабочем совещании по τ -charm фабрике ОИЯИ (апрель 1993, Дубна), на III рабочем совещании по τ -charm фабрике (июнь 1993, Испания) и на конференции по ускорителям частиц (май 1993, Вашингтон).

Для создания компактного электромагнитного калориметра, способного работать в качестве монитора светимости детектора τ -charm фабрики, выполнены измерения световыхода и временных

спектров ВГО-кристаллов с добавками иттербия, тербия и самария. Такие кристаллы обладают повышенной радиационной стойкостью и меньшим распадным временем по сравнению с обычными сцинтилляторами типа NaI, CsI, ВГО. Все эти кристаллы изготовлены в Институте синтетических материалов (Александров, Россия). Спектры кристаллов содержат «быструю» компоненту с распадным временем в интервале 4—5 нс (рис.10). Температурная зависимость световыходов новых кристаллов также была изучена (рис.11).

Как известно, один из перспективных путей разработки времяпролетных систем (TOF) состоит в использовании искровых счетчиков с локализованным разрядом. С временным разрешением около 30 пс они дают 3-кратное увеличение по максимальному импульсу при идентификации частиц. Основная задача состояла в разработке таких искровых счетчиков для массового производства.

В 1993 году такие счетчики спроектированы в ОИЯИ в тесном сотрудничестве с ИЯФ СО РАН (Новосибирск). Все механические элементы для первых счетчиков были произведены в Дубне.

Работы по проекту МИНГЕН над дейтронным циклотронным комплексом начались с создания

полномасштабных прототипов одного из четырех секторов сверхпроводящего секторного магнита и одного из двух ускоряющих резонаторов циклотрона ДЦ-1.

После контрольной сборки осуществлена доработка отдельных элементов сверхпроводящего магнита: центральной колонны, азотного экрана, систем подвески и юстировки. Введена в эксплуатацию система диагностики гелиевых потоков в системе криообеспечения.

Разработан автоматический ядерный магнитометр для измерения больших магнитных полей (до 6 Тл), характерных для СП-магнитов. Изготовлена опытная партия.

В лаборатории ведутся работы по созданию оборудования для производства образцов аэрогеля окиси кремния, используемого в черенковских счетчиках.

В 1993 году спроектирован автоклав емкостью 1 литр для сушки аэрогеля, и завершается его изготовление в мастерских ЛЯП. Создана химическая лаборатория, в которой ведутся исследовательские работы по отработке технологии очистки исходных материалов и получению гелей оксида кремния из тетраэтилоксилана и тетраметилоксилана. Изучаются факторы, влияющие на качество получаемых гелей.

РАДИОБИОЛОГИЧЕСКИЕ И МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

В отделе биофизики ЛЯП исследования по теме МУТАНТ велись в следующих основных направлениях: изучение индукции генных мутаций и хромосомных aberrаций у клеток высших эукариот при действии излучений с разной линейной передачей энергии (ЛПЭ); исследование закономерностей возникновения спонтанных мутаций у гаплоидных клеток низших эукариот; изучение закономерностей экспрессии индуцибельных генов SOS-системы клеток прокариот при действии излучений с разной ЛПЭ.

В экспериментах на клетках млекопитающих, облученных частицами с ЛПЭ в диапазоне 0,3—250 кэВ/мкм, установлено, что зависимость относительной генетической эффективности излучений от ЛПЭ по индукции генных мутаций устойчивости клеток к 6-тиогуанину описывается кривой с локальным максимумом в области 100 кэВ/мкм. Эти результаты свидетельствуют о том, что данный класс мутаций относится к мутациям микроабберантного типа. Разработана новая тест-система для изучения экспрессии индуцибельных генов клеток прокариот при действии ДНК-тропных агентов и ионизирующих

излучений. Метод основан на включении группы Лих-генов под контроль промотора индуцибельных генов. Изучены закономерности экспрессии ряда индуцибельных генов при облучении клеток ультрафиолетом и γ -квантами. Тест-система является весьма перспективной для генетического мониторинга экологических систем [31].

Для проведения на базе клинико-физического комплекса ЛЯП ОИЯИ медико-биологических исследований по лечению онкологических больных разработана методика, позволяющая осуществлять на связи с ЭВМ одновременное сканирующее облучение широкими протонными пучками больших мишеней с учетом изменения размеров поперечного сечения и энергии протонного пучка в каждом слое.

Завершено формирование медицинского протонного пучка с энергией 70—100 МэВ и размером поля облучения около 1 см, предназначенного для протонной терапии опухолей глаза. Получены все необходимые физико-дозиметрические характеристики такого пучка при энергиях протонов 70, 85 и 100 МэВ [32].



Монтаж многопроводочной камеры с цилиндрической чувствительной поверхностью для эксперимента DISTO на ускорителе SATURNE (Сакле, Франция)

Проведено фракционированное облучение трех больных раком шейки матки. Общее число онкологических больных, прошедших курс фракционированного лучевого лечения на медицинских протонных пучках реконструированного фазотрона ОИЯИ, — 27.

В 1993 году в ГСПИ продолжались работы по проектированию радиологического стационара на 60 коек в Дубне, необходимого для эффективного использования клиничко-физического комплекса,

созданного на базе фазотрона ОИЯИ для лечения онкологических больных.

Министерством атомной энергии РФ и Министерством здравоохранения РФ приняты решения о финансовом обеспечении на партнерских началах строительства этого радиологического стационара.

В лаборатории также проводятся разносторонние теоретические исследования [33].

ЛИТЕРАТУРА

1. Гордеев В.А. и др. — Письма в ЖЭТФ, 1993, т.57, с. 262.
2. Стегайлов В.И. и др. — Тезисы докладов международного совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра, С.-П., Наука, 1994.
3. Адам И. и др. — Препринт ОИЯИ, Д6-93-112, Дубна, 1993.
4. Калинин В.Г. и др. — Тезисы докладов международного совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра, С.-П., Наука, 1993, с. 67.

5. Kovalik A., Mahmoud M.A. — *J. of Electron Spectroscopy and Related Phenomena*, 1993, vol.61, p.326.
6. Веселов Г.В., Громов К.Я., Евтухов С.В. и др. — «Известия РАН», сер. физ., 1994, т. 58, №1.
7. Громов К.Я., Кузнецова М.Я., Норсеев Ю.В. и др. — «Известия РАН», 1994, т.58, с.1.
8. Zaizeva N.G., Khalkin V.A. et al. — «Targetry for the Ruthenium-97 and Tangsten-178 (tantalum-178) Production on the Phasatron of JINR». V-th Int. Workshop on Targetry and Target Chemistry (Sept. 19—23, 1993, BNL N.Y.USA).
9. Brudanin V., Egorov V., Kachalkin A. et al. — «Measurement of the Induced Pseudoscalar Form Factor in the Capture of Polarized Muons by Si Nuclei». Submitted to Nucl. Phys. A.
10. Weber M. et al. — *Phys. Rev.*, 1993, B48, p.1302.
11. Горелкин В.Н. и др. — *ЯФ*, 1993, т.56, с.29.
12. Акиншин П.Г. и др. — *ОИЯИ*, E13-93-339, Дубна, 1993.
13. Бюшер М. и др. — *Physica Scripta*, 1993, vol.48, p.50.
14. Arnold R., Barabash A., Blinov A. et al. — in Proc. Int. Europhysics Conf. on High Energy Physics, Marseille, July 22—28, 1993.
15. NEMO Collaboration. — «NEMO. Proposal of the Experiment on Double Beta-Decay to Probe the Effective Majorana Neutrino Mass Down to 0.1 eV». LAL, Orsay, France, Oct. 7, 1993.
16. Brudanin V., Egorov V., Zaporov Sh. et al. — Submitted to NIM.
17. Gogolev S.I. et al. — «Energetic Particle Emission in the Induced Reaction on at $E/A = 19.3$ MeV», in Book of abstracts of Int. School-seminar on Heavy Ion Physics, Dubna, May 10—15, 1993, JINR, E7-93-274, p.105.
18. Ball J. et al. — *Nuclear Instr. and Methods in Physics Research*, 1993, A327, p.308.
19. Ball J. et al. — *Nucl. Phys.*, 1993, A559, p.477; Bystricky J. et al. — *Nucl. Phys.*, 1993, A559, p.511.
20. Borisov N.S. et al. — Target with a Frozen Nuclear Polarization for Experiments at Low Energies. Submitted to Nucl. Instr. and Methods.
21. LEP Collaboration — «Updated Parameters of the Z Resonance from Combined Preliminary Data of the LEP Experiments». CERN/PPE/93-157.
22. Abreu P. et al. — «Study of Hard Scattering Processes in Multihadronic Production from Gamma-Gamma Colisions at LEP». CERN-PPE/94-04; P. Abreu et al. — *Phys. Lett.*, 1993, 311B, p.408.
23. Kuznetsov O. — «Lifetime of b-Hadrons Using Impact Parameters, Secondary Vertices J/Ψ and Semi-Exclusive Final States». Proceedings of the 5th International Symposium on Heavy Flavour Physics, Montreal, Canada, July 6—10, 1993.
24. Antinori F. et al. — CERN/PPE 93-133, CERN, 1993.
25. Bunyatov S., Klimov O., Lyukov V., Nefedov Y., Popov B., Valuev V. — «New Analysis of kinematical Cuts to Reduce Background from ν_μ and $\bar{\nu}_\mu$ Interactions to Hadronic Decays of τ -Leptons in Nomad experiment», NOMAD MEMO #30, 1993.
26. Valuev V. — «The Implementation of TRD Code into the NOMAD Library», NOMAD MEMO, 1993; Fasio T., Nedelec P., Valuev V. — «TRD Simulation Package» NOMAD Software Note, October 1993.
27. Afanasyev L.G. et al. — *Phys. Lett.*, 1993, B308, p.200; CERN Courier, October, 1993, p. 8.
28. Блик А.М. и др. — Препринт ИФВЭ, 93-87, Протвино, 1993.
29. Velev G.V. — JINR Preprint E1-93-305, Dubna, 1993.
30. Акименко С.А. — *ЯФ*, 1993, т.56, вып.5, с.83.
31. Krasavin E.A., Horneck G., Kozubek S. — «Complex» — DNA Lesions and Radiobiological Effects induced by Radiation with Different LET. In: *Radiation Biology and its Application in Space Research*. Print, 1993, p. 59; Korogodin V.I. — *Mutation Research*, 1993, vol.289, p.17; Krasavin E.A., Schegolev D.V., Ptitsin L.R. — SOS Lux-Test and Its Possible Use in sSpace Radiobiology. In: COSPAR colloquium N 6 Bad Honnef, Germany, 1993, p. 69; Lybimova K.A., Melnikova L.A., Chepurnoy A.I. — JINR Preprint E19-93-382, Dubna, 1993. Направлено в журнал «Genetics».
32. Kovar I. et al. — Сообщение ОИЯИ E16-93-310, Дубна 1993; Абазов В.М. и др. — Сообщение ОИЯИ 18-93-351, Дубна 1993; Швидкий С.В. и др. — Сообщение ОИЯИ P10-93-410, Дубна, 1993.
33. Sissakian A.N., Solovtsov I.L., Shevchenko O.Yu. — *Phys. Lett.*, 1993, B313, p.367; Lev F.M. — *Phys. Rev.*, 1993, D48, p.330; *Nucl. Phys.*, 1994, A1616; Bednyakov V.A., Klapdor-Kleigrothaus H.V., Kovalenko S.G. — JINR Preprint E2-93-447, E2-93-448, Dubna, 1993.

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ им. Г.Н.ФЛЕРОВА

В марте 1993 года из циклотрона У-400М был выведен пучок ионов и с эффективностью $\sim 80+100\%$ транспортирован до конечной точки — местоположения установки ФОБОС. В декабре проведен первый эксперимент на 4л-спектрометре ФОБОС на выведенном пучке ионов лития с энергией 45 МэВ/н. по изучению тройного деления ядер.

Основные результаты в 1993 году получены на циклотроне У-400, который проработал ~ 4000 часов. На циклотроне У-200 пучки ионов ^4He с максимальной энергией 36 МэВ и интенсивностью $\sim 50+100$ мкА использовались для производства изотопов и накопления изомера Hf. Время работы У-200 составило ~ 1500 часов. Завершилась первая стадия совместного эксперимента ЛЯР и LLNL (Ливермор, США) по синтезу тяжелых ядер вблизи острова стабильности. После длительного облучения ^{248}Cm ионами ^{22}Ne с использованием установки «Газонаполненный сепаратор» синтезированы два новых изотопа 106 элемента и наиболее тяжелый изотоп элемента 104. Полученные результаты указывают на резкое повышение стабильности ядер вблизи нейтронной оболочки $N = 162$.

Продолжались исследования механизма взаимодействия ядер, динамики деления тяжелых ядер, структуры возбужденных состояний экзотических ядер. Ряд совместных экспериментов по этой тематике проведен на ускорителях других центров по физике тяжелых ионов. Активно шли работы по прикладной тематике. В 1993 г. лаборатория организовала шесть международных совещаний по различным направлениям деятельности лаборатории, в том числе Международную школу-семинар по физике тяжелых ионов и Вторую международную конференцию по динамике деления ядер.

Научно-экспериментальные и научно-прикладные работы лаборатории в истекшем году отмечены тремя премиями ОИЯИ. В конференц-зале ЛЯР установлен бюст основателя Лаборатории ядерных реакций академика Г.Н.Флерова работы скульптора академика Г.Г.Чубаряна.



СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ИЗОТОПОВ ТЯЖЕЛЫХ ЭЛЕМЕНТОВ,
 ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЗМА ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ

В апреле 1993 г. в рамках коллаборации Дубна — Ливермор завершен эксперимент, приведший к открытию двух новых изотопов элемента 106 с $A = 265$ и 266 . Мишень ^{248}Cm облучалась интенсивным пучком ионов ^{22}Ne ускорителя У-400. Ядра отдачи сепарировались с помощью газонаполненного сепаратора ЛЯР, идентификация изотопов производилась путем регистрации совпадений α -распада ядер 106 элемента с соответствующим спонтанным делением или α -распадом дочерних ядер (рис.1). По 6 событиям α -SF корреляций было идентифицировано ядро $^{266}_{106}$ как излучатель α -частиц с энергией $E_{\alpha} = (8,62 \pm 0,06)$ МэВ, при этом определен период спонтанного деления изотопа $^{262}_{104}$ как $T_{SF} = 1,2^{+1,0}_{-0,5}$ с. Для ядра $^{265}_{106}$ наблюдаены четыре случая (α - α)-корреляций. Энергия α -распада определена как $E_{\alpha} = (8,82 \pm 0,06)$ МэВ.

Свойства радиоактивного распада $^{266}_{106}$ указывают на сильное увеличение стабильности ядра по отношению к спонтанному делению для числа нейтронов $N = 160$ (по сравнению с $N = 158$), что подтверждает существование предсказанной новой деформированной нейтронной оболочки с $N = 162$ [1].

В 1993 г. на кинематическом сепараторе ВАСИЛИСА продолжалось изучение новых закономерностей реакций полного слияния с тяжелыми

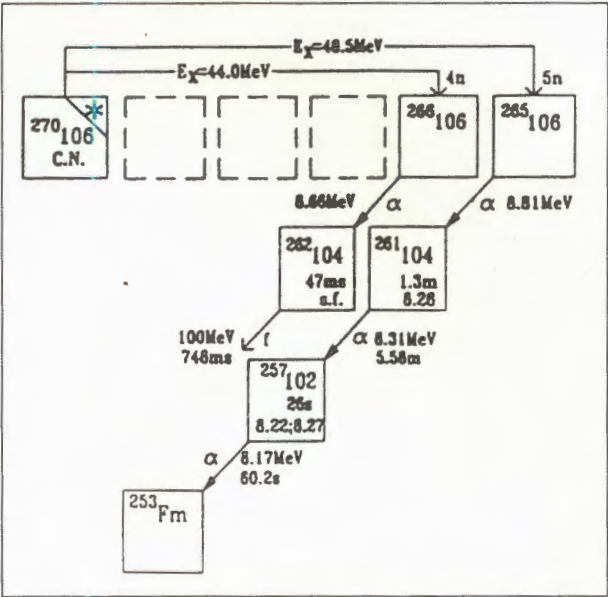
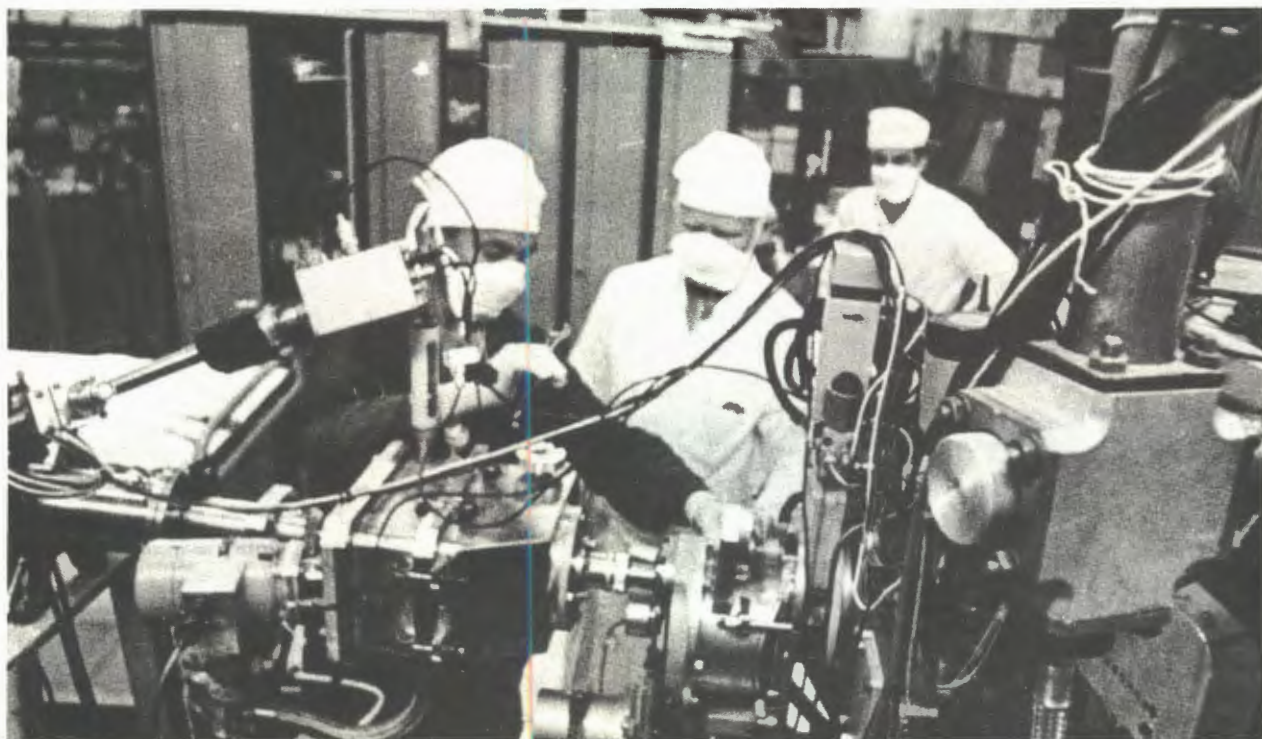


Рис. 1. Два из десяти событий, связанных с распадом изотопов $^{265}_{106}$ и $^{266}_{106}$, образованных в реакции $^{248}\text{Cm} + ^{22}\text{Ne}$. Энергия возбуждения компаунд-ядер $^{270}_{106}$ для каналов с испусканием 4 и 5 нейтронов показана на рисунке



Общеинститутский научный семинар, посвященный памяти академика Г.Н.Флерова



Установка ГНС, смена мишени

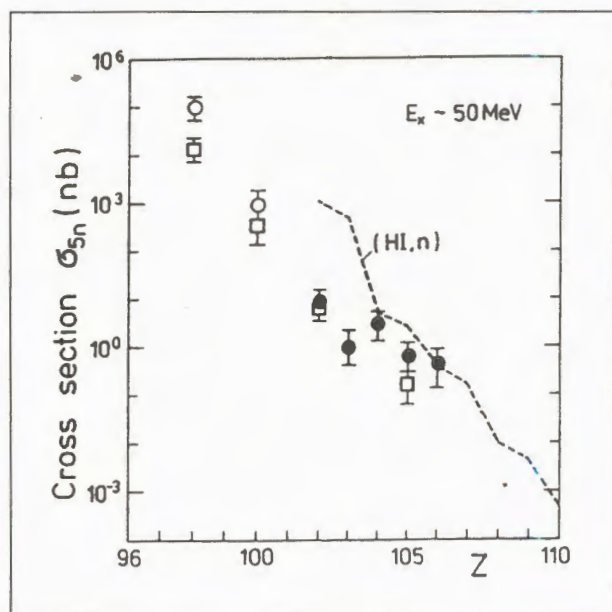


Рис. 2. Зависимость сечений испарения 5 нейтронов (кружки) и 6 нейтронов (квадраты) от Z компаунд-ядра. Ядра Cf и Fm образованы в реакциях с ионами ^{16}O , ядра с $Z = 102-106$ — в реакциях с ионами ^{22}Ne , ^{26}Mg , ^{27}Al . Штрихованная кривая проведена через экспериментальные сечения (HI, n) , полученные в реакциях холодного слияния

ми ионами в области сильноделящихся ядер с большой энергией возбуждения ($E^* \geq 50$ МэВ). В экспериментах по синтезу 102 элемента измерены сечения образования ядер после испарения

большого числа нейтронов, вплоть до 8, и обнаружена высокая вероятность выживания ядер, имеющих жидкокапельный барьер деления, близкий к нулю (рис.2). В процессе экспериментов синтезированы и изучены два новых изотопа плутония — $^{228,229}\text{Pu}$. Систематически изучены барьеры деления нейтронодефицитных ядер с $82 \leq Z \leq 92$, полученных в двенадцати комбинациях мишень — ион.

Высокая чувствительность и селективность кинематического сепаратора ВАСИЛИСА для ядер отдачи, образующихся в асимметричных реакциях полного слияния, позволила измерять функции возбуждения для продуктов реакций полного слияния с последующим испарением нейтронов (от 4 до 11) в диапазоне сечений от 10^{-26} до 10^{-33} , что составляет семь порядков по величине [2—6].

В коллаборации ЛЯР — Университет Вандербилта (США) — ORNL (Ок-Ридж, США) — ИФ (Братислава) было изучено спонтанное деление ^{252}Cf с использованием метода $(\gamma-\gamma)$ -корреляций на ок-риджемском спектрометре, содержащем 20 Ge-детекторов. Изучены выходы коррелированных пар в области $(\text{Zr}-\text{Ce})$ и для изотопов Ва—Мо ($Z_{\text{л}}/Z_{\text{тяж}} = 42/56$). Данные, представленные в табл.1, включают выходы пар фрагментов, соответствующих эмиссии от нуля до 8 и, по предварительным данным, до 10 нейтронов [7—9].

Таблица 1. Относительный выход коррелированных пар осколков для $Z_L/Z_{TЯЖ} = 42/56$

	^{138}Ba	^{140}Ba	^{142}Ba	^{144}Ba	^{146}Ba	^{148}Ba
^{100}Mo				1,37 (0,48)	1,14 (0,42)	2,78 (1,73)
^{102}Mo		0,99 (0,37)	1,06 (0,47)	8,04 (2,45)	13,76 (2,66)	4,0 (0,87)
^{104}Mo	3,14 (0,90)	12,47 (4,57)	22,13 (3,68)	80,73 (11,07)	23,83 (0,78)	3,35 (1,17)
^{106}Mo	2,99 (0,47)	12,40 (2,52)	65,69 (7,28)	44,90 (5,09)	2,20 (0,57)	
^{108}Mo	1,64 (0,73)	15,90 (2,47)	10,60 (2,48)	4,58 (1,36)		

Впервые выполнена химическая идентификация элемента 106. В сравнительных термохроматографических экспериментах с оксихлоридами элемента 106 и вольфрама наблюдали воспроизводимые зоны треков осколков спонтанного деления элемента 106 в интервале температур 150—250°C. Это служит доказательством того, что оксихлорид элемента 106 подобен ана-

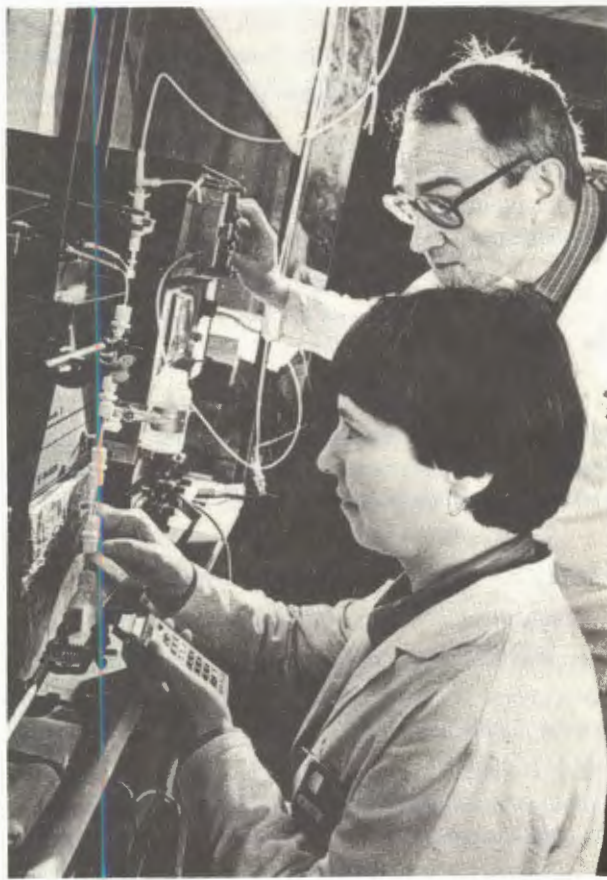
логичному соединению вольфрама. Элементы 104, 105 и актиноиды не дают летучих соединений при данных экспериментальных условиях [10].

Исследовался кластерный распад изотопа ^{236}U . С использованием полиэтилентерефталатных твердотельных детекторов зарегистрированы шесть случаев распада ^{236}U с эмиссией кластеров Mg. Оценка парциального периода полураспада дает величину $1,2 \cdot 10^{20}$ лет, относительная вероятность по отношению к α -распаду равна $\sim 10^{-13} 1/\alpha$. Эксперименты выполнены с использованием образца, содержащего 1296 мг ^{236}U , площадью 360 см². Изотопический состав образца: $^{234}\text{U} \leq 10^{-3}\%$, $^{235}\text{U} \leq 4,7 \cdot 10^{-2}\%$, $^{236}\text{U} = 99,845\%$, $^{238}\text{U} = 0,107\%$. Экспозиция проводилась в течение 390 дней.

Начато исследование массовых и энергетических распределений осколков деления слабозвужденных ядер в переходной области Rn — Th в реакциях с тяжелыми ионами. Результаты первых экспериментов показывают, что для компаунд-ядер ^{220}Th и ^{224}Th при энергии возбуждения 25 МэВ распределения имеют ярко выра-



Мишенный узел для проведения исследований с летучими соединениями трансфермиевых элементов



Установки ХИПТИ. Эксперимент по хроматографии фторидных комплексов элемента 104

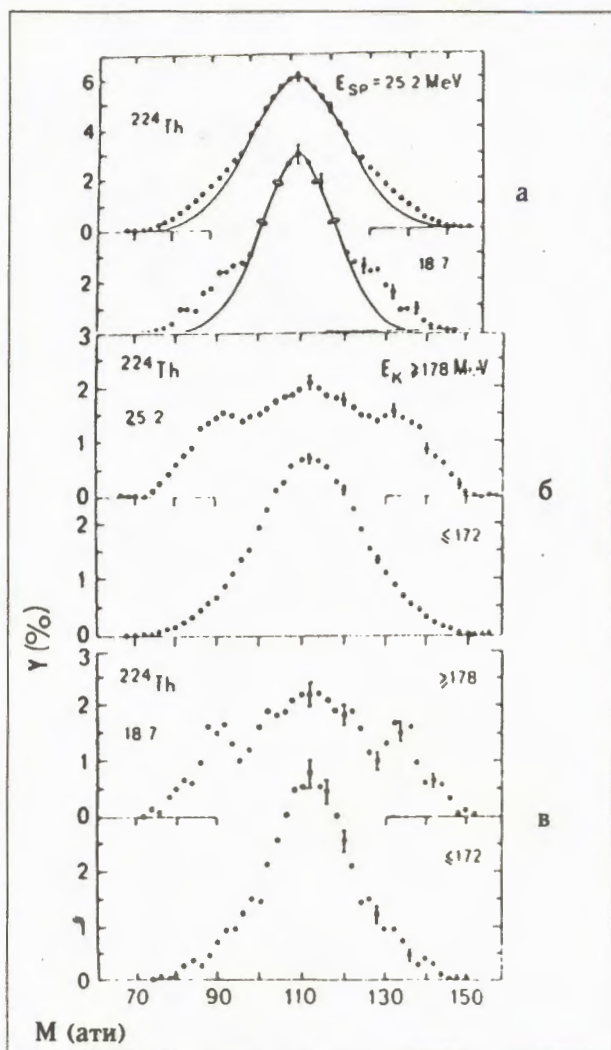


Рис. 3. Зависимость выхода от массы осколков для деления компаунд-ядра ^{224}Th , измеренная в различных энергетических интервалах для двух седловых энергий возбуждения $E_{sp} = E_{CN} - B_f$: а) полный выход осколков деления; б, в) выход осколков деления для двух интервалов полной кинетической энергии осколков: б) — для $E_{sp} = 25$, в) — для $E_{sp} = 18,7$

женный многомодальный характер, указывающий на структурные особенности потенциальной энергии деформации для этих ядер (рис.3).

Исследована функция возбуждения деления для реакции $^{209}\text{Bi} + ^6\text{He}$ в сравнении с $^{209}\text{Bi} + ^4\text{He}$. В реакции $^{11}\text{B} + \text{Ta}$ на циклотроне У-400 при энергии 200 МэВ образуется ~ 300 ядер ^6He с энергией ~ 50 МэВ. В этом случае ^4He также брался как вторичный пучок с интенсивностью $\sim 3 \cdot 5 \cdot 10^3$ ядер с энергией 54 МэВ. Энергия изменялась с помощью алюминиевых поглотителей. На рис.4 представлена зависимость сечения деления ионами ^6He и ^4He от энергии в с.ц.м. Для ^4He имеется согласие с литературными данными. Наибольший интерес представляет наблюдаю-

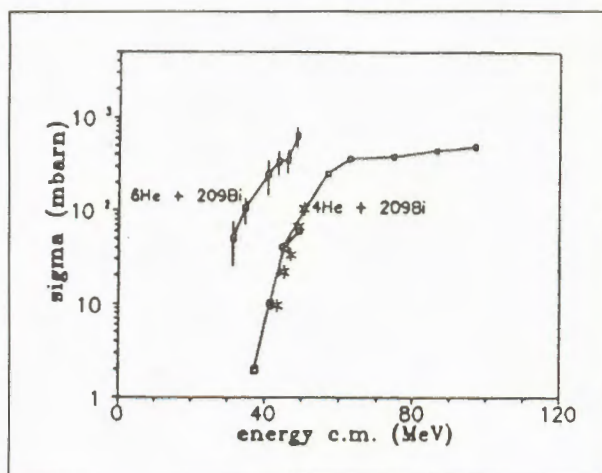


Рис. 4. Функция возбуждения деления ядер Bi ионами ^4He и ^6He

щееся большое изменение порога реакции ~ 15 МэВ между делением под действием ионов ^4He и ^6He . Кроме того, обращает на себя внимание существенное возрастание сечения деления для реакции $^6\text{He} + ^{209}\text{Bi}$ [11].

На основе экспериментальных данных определены приведенные вероятности каналов запаздывающего деления $P_{\beta df}$ для нуклидов ^{188}Bi и ^{196}At , которые равны $3,4 \cdot 10^{-4}$ и $8,8 \cdot 10^{-4}$ соответственно. При сопоставлении полученных значений $P_{\beta df}$ с модельными расчетами сделаны численные оценки барьеров деления для нуклидов ^{188}Pb и ^{196}Po . В табл.2 приведено сравнение полученных значений жидкокапельной составляющей барьеров деления для ^{188}Pb и ^{196}Po с результатами некоторых расчетов и с величинами, полученными из анализа данных по сечениям образования этих нуклидов в реакциях полного слияния с тяжелыми ионами [12].

Таблица 2. Сравнение экспериментальных и теоретических значений для жидкокапельной составляющей барьеров деления нуклидов ^{188}Pb и ^{196}Po

Нуклиды	B_f^{LD} , МэВ					
	Расчетные значения			Настоящая работа		Другие работы
	вар.1	вар.2	вар.3	вар. I	вар. II	
^{188}Pb	11,1	10,0	9,4	$8,4 \pm 0,9$	$7,0 \pm 0,6$	$6,5 \pm 0,5$
^{196}Po	9,7	8,9	8,4	$6,8 \pm 0,9$	$5,6 \pm 0,6$	$7,1 \pm 0,5$

В рамках статистической теории распада составных ядер предложена простая параметри-

зация, позволившая получить хорошее описание всей совокупности имеющихся экспериментальных данных о сечениях (HI , xn)-реакций, вызываемых ионами легче аргона для составных ядер с $Z > 100$. Показано, что величина сечения для xn -реакций в этой области ядер определяется не только отношениями испарительной и делительной ширин Γ_n/Γ_f для каждой ступени испарительного каскада, но и величиной «зоны выживаемости» в конце испарительного каскада, напрямую связанной с величиной барьера деления. Сделаны расчеты сечений $4n$ - и $5n$ -реакций для ряда комбинаций ион — мишень, приводящих к образованию изотопов тяжелых трансфермиевых элементов (рис.5) [13].

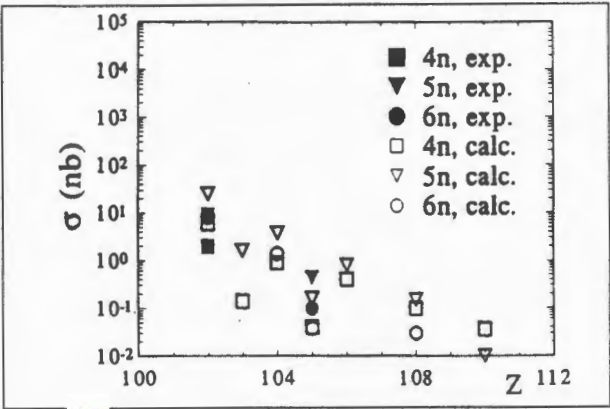


Рис. 5. Зависимость величины максимума сечения (HI , xn)-реакций от Z компаунд-ядра

СВОЙСТВА ЭКЗОТИЧЕСКИХ ЯДЕР

На циклотроне У-400 с помощью магнитного спектрометра МСП-144 в реакции $^{14}\text{C}(^{11}\text{B}, ^{12}\text{N})^{13}\text{Be}$ измерена энергия основного и возбужденных состояний ^{13}Be (рис.6). Как результат обработки этих измерений получена величина mass-excess, а также энергия связи нейтрона в ядре ^{13}Be . Показано, что это ядро нестабильно относительно эмиссии одного нейтро-

на, т.к. $B_n = -0,78$ МэВ; ранее эта величина определена как $B_n = -2,0$ МэВ. В ядре ^6He обнаружен γ -переход с энергией 5,5 МэВ, который интерпретирован как мягкая мода дипольного резонанса, связанная с осцилляцией 2 нейтронов относительно α -частичного кора в ядре ^6He [14].

В совместном эксперименте, выполненном на ускорителе ГАНИЛ в коллаборации ЛЯР —

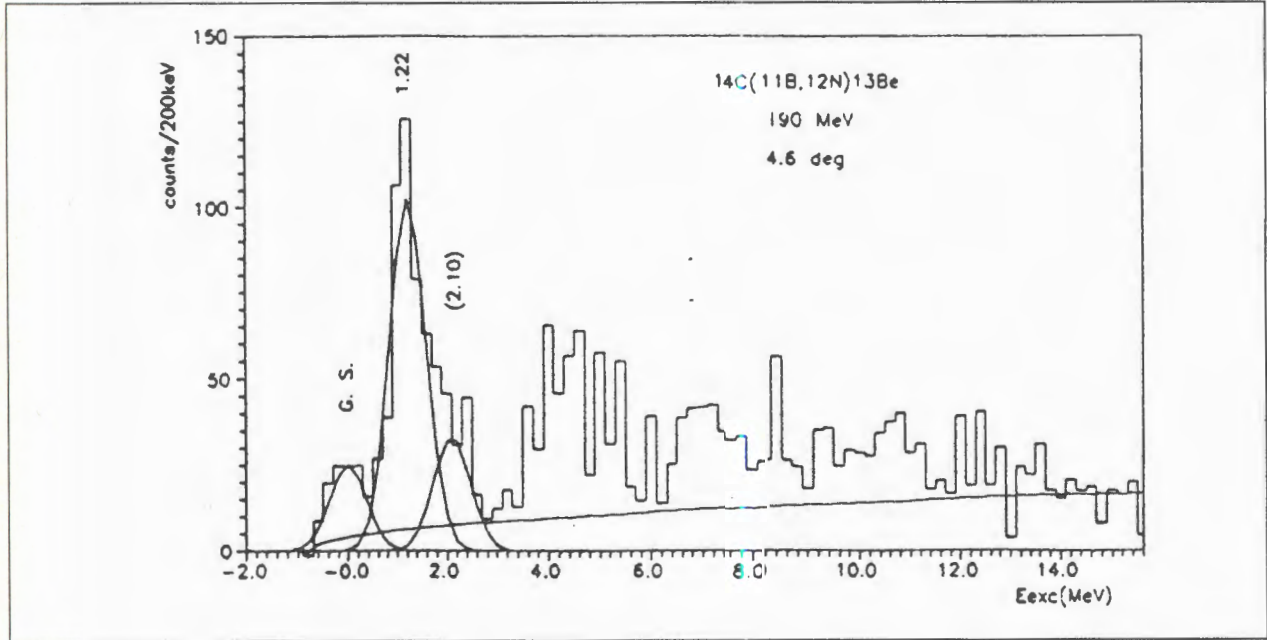


Рис. 6. Энергетический спектр, измеренный в реакции $^{14}\text{C}(^{11}\text{B}, ^{12}\text{N})^{13}\text{Be}$

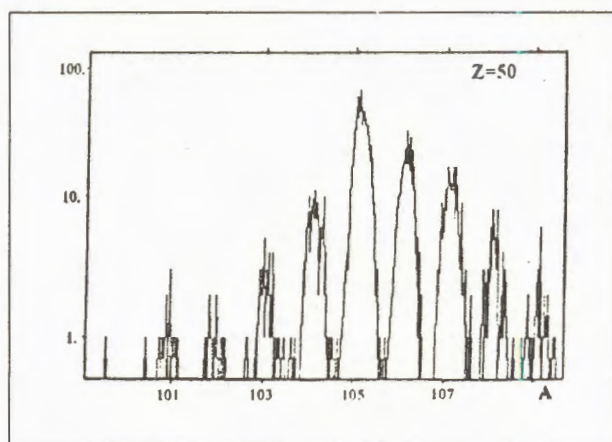


Рис. 7. Относительные выходы различных изотопов олова в реакции фрагментации ^{112}Sn

ГАНИЛ — Варшавский университет — ИЯФ (Орсэ), в реакции фрагментации пучка редчайшего изотопа ^{112}Sn наблюдаются с относительно высоким выходом изотопы от ^{108}Sn до ^{100}Sn . Для этих ядер измерены γ -переходы с целью получения информации относительно гамма-телле-

ровских резонансов в подобных ядрах. Первая идентификация ^{102}Sn и подтверждение существования ^{101}Sn открывает новые возможности для изучения ядер вблизи $Z = 50$ и $N = 50$ (рис.7) [15—16].

В широкой коллаборации ЛЯР — ИЯХ Университет Майнца — ГАНИЛ — ИЯФ (Орсэ) измерен парциальный период β -распада и вероятность β -запаздывающей нейтронной эмиссии очень нейтроноизбыточных ядер ^{44}S и $^{45-47}\text{Cl}$. Эти изотопы, лежащие вблизи оболочки $N = 28$, образованы в реакциях фрагментации ^{64}Ni мишени ионами ^{48}Ca с энергией 60 МэВ/нуклон и выделены с использованием $(\beta-n)$ -временных корреляционных измерений. Показано более резкое ослабление оболочечных эффектов, связанных с $N = 28$ при убывании числа нейтронов, по сравнению с ^{48}Ca . Дан анализ возможных причин необычного отношения распространенности $^{48}\text{Ca}/^{46}\text{Ca}$ в Солнечной системе и Ca-Ni-Cr-аномалии, наблюдаемой в ЕК-включениях метеорита Allende [17].

НАКОПЛЕНИЕ ИЗОМЕРА $^{178}\text{Hf}(I^\pi = 16^+, T_{1/2} = 31 \text{ год})$ И ПЕРВЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ

В течение 1993 года два долговременных сеанса (в сумме ~ 1200 часов пучка на мишень) осуществлено на циклотроне У-200 для получения ядер гафния в изомерном состоянии. Мишень из разделенного сверхчистого изотопа ^{176}Yb , полученного на масс-сепараторе, облучалась ионами ^4He с энергией 36 МэВ и интенсивностью ~ 100 мкА. Было накоплено $\sim 0,9 \cdot 10^{15}$ ядер в изомерном состоянии и химически отделено от циклотронной мишени. Разработаны методы прецизионного химического выделения и масс-сепарации микроколичеств гафния. В рамках международной коллаборации ЛЯР — «Курчатовский институт» — Центр ядерной спектроскопии и ИЯФ (Орсэ) — ГСИ (Дармштадт) — Университет Майнца — Техасский университет (Даллас) был выполнен ряд экспериментов по изучению электромагнитного и ядерного взаимодействия с $^{178m2}\text{Hf}$ [18—19].

Исследован эффект блокировки для перехода на выстроенные квазинейтронные орбиты в (p, t) -реакции. Экспериментальное отношение сечения $R = \sigma(16^+ \rightarrow 16^+)/\sigma(0^+ \rightarrow 0^+)$ согласуется с предсказанной величиной, полученной из извест-

ного сечения (p, t) -реакции, измеренной для нечетных изотопов гафния [20].

Реакция радиационного захвата нейтронов $^{178m2}\text{Hf}(n, \gamma)$ была изучена в резонансной области энергий активационной методикой с использованием нейтронных фильтров. Первый (сильный) резонанс для изомерного состояния $^{178m2}\text{Hf}$ обнаружен при кинетической энергии нейтронов ~ 5 эВ.

Изотопические сдвиги в оптических переходах атомов Hf были измерены методами высоко разрешающей лазерной спектроскопии. Определена разница зарядовых радиусов изотопов гафния с массовым числом A в интервале $A = 174-182$ (рис.8). Обнаружена плавная зависимость зарядового радиуса от числа нейтронов без излома вблизи максимальной квадрупольной деформации. Изменение зарядового радиуса в изомерном состоянии $^{178m2}\text{Hf}$ ($I = 16$) по отношению к основному состоянию оценено как $0,059(9) \text{ фм}^2$, что соответствует уменьшению зарядового радиуса в изомерном состоянии. Из сверхтонкого распределения линий определены величины магнитного дипольного и электрического квадрупольного момента для нечетных изо-

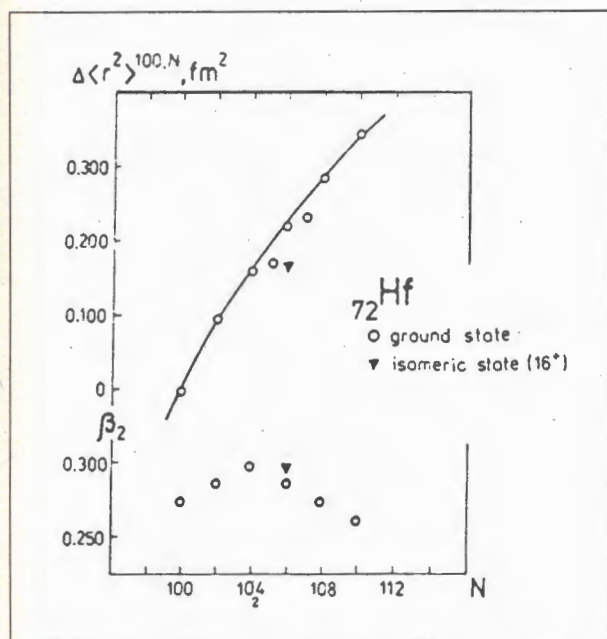


Рис. 8. Зависимость величины зарядового радиуса и квадрупольной деформации от числа нейтронов изотопов Hf

топов Hf и изомерного состояния $^{178m2}\text{Hf}$. Величина квадрупольной деформации в изомерном состоянии на 3% выше, чем для основного состояния ^{178}Hf [21—22].

С использованием эффекта светоиндуцированного дрейфа, возникающего при воздействии лазерного излучения на вещество, проведено разделение изотопов ^{22}Na и ^{24}Na (рис.9). Исследована зависимость этого эффекта от состава буферного газа, температуры, давления. Эффект светоиндуцированного дрейфа возникает при

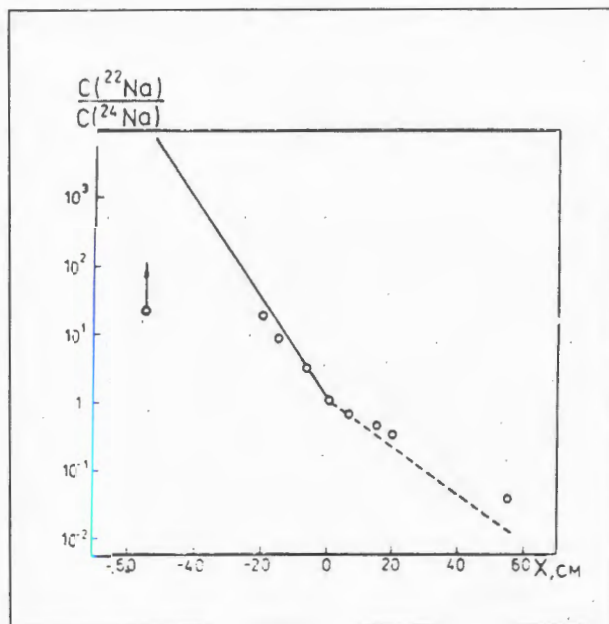


Рис. 9. Зависимость величины коэффициента разделения изотопов ^{22}Na и ^{24}Na , возникающего благодаря эффекту светоиндуцированного дрейфа, от длины

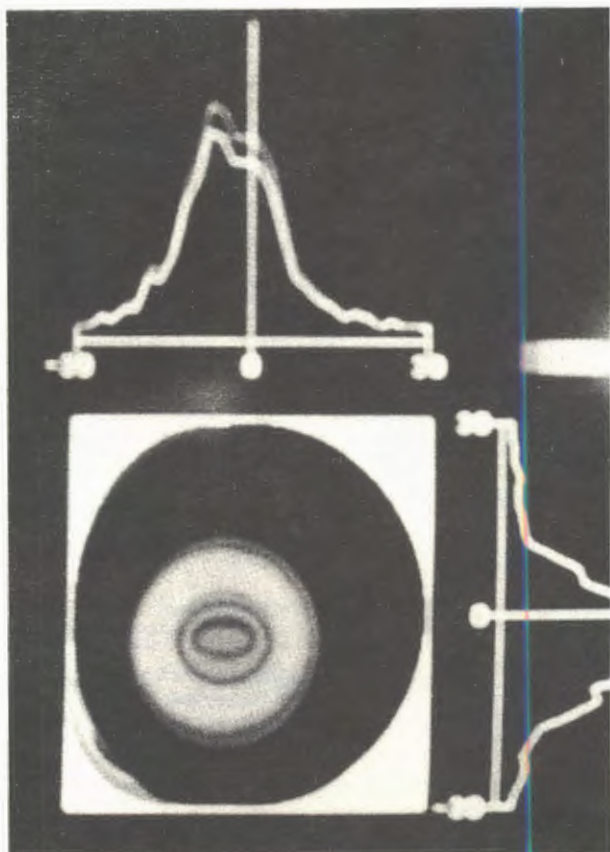
наличию буферного газа и связан с тем, что возбужденные (за счет взаимодействия атомов с ядерным излучением) атомы движутся в одном направлении, в то время как не возбужденные атомы движутся преимущественно в противоположном. Эффект светоиндуцированного дрейфа в последующем может с успехом использоваться для разделения изотопов в основном и в изомерном состояниях. Для изотопов ^{22}Na и ^{24}Na получен фактор разделения ~ 25 раз [23].

РАЗРАБОТКИ УСКОРИТЕЛЕЙ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ АППАРАТУРЫ

В марте 1993 года из циклотрона У-400М методом обдирки осуществлен вывод пучка ионов, который был транспортирован до конечной точки — местоположения установки ФОБОС. Эффективность транспортировки пучка составляет 80+100%. Имеющиеся устройства позволяют сфокусировать пучок на мишень, расположенную внутри установки ФОБОС в размер ≤ 4 мм в диаметре. Ускоритель работает в пусковом варианте с внутренним плазменным источником (PIG). Ускоряются ионы от ^4Ne с энергией от 60 до 30 МэВ/н. (табл.3). В октябре и декабре 1993 года первые физические эксперименты с использованием спектрометра ФОБОС выполне-

ны на выведенном пучке ионов ^7Li с энергией ~ 45 МэВ/н. Определенные трудности для проведения спектрометрических экспериментов представляет дьюти-фактор пучка ионов 1:10. Для повышения эффективности использования ускорителя на циклотроне У-400М необходимо получить непрерывный пучок, для чего в 1994 году нужно создать канал внешней инжекции, смонтировать ЭЦР-источник.

В 1993 г. циклотрон У-400 был основным ускорителем для выполнения научной программы ЛЯР, причем время пучка, используемого в эксперименте, составило 3915 часов. В табл.4 представлены основные эксперименты, осуществленные на циклотроне У-400 в 1993 г.



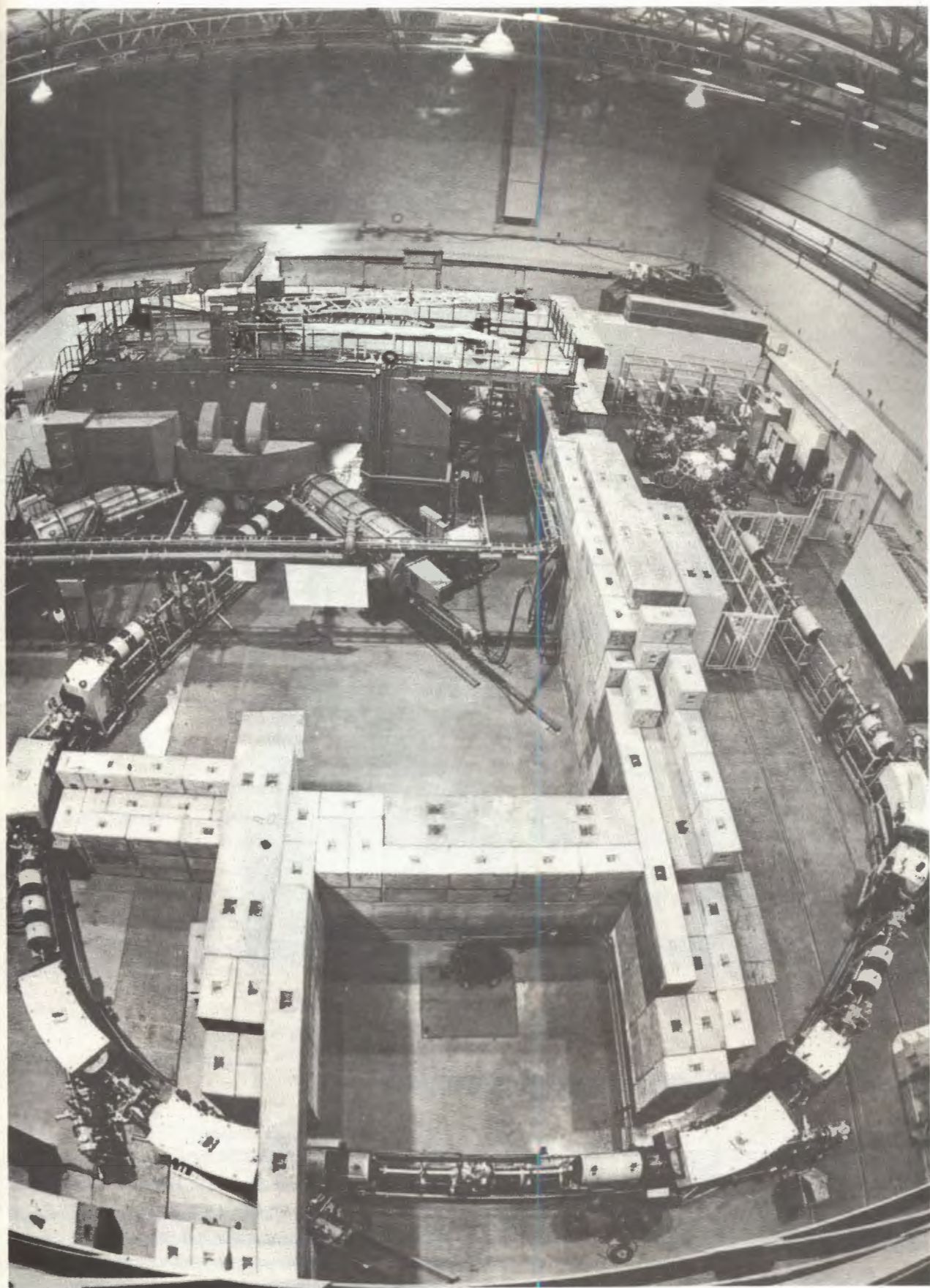
Эммитанс пучка ионов азота с энергией 34 МэВ, выведенного из циклотрона У-400М (снимок с экрана дисплея)

Таблица 3. У400М + PIG (1994)

Ион	Энергия, МэВ/н.	Интенсивность
$^4\text{He}^{1+}$	30	$1 \cdot 10^{14}$
$^6\text{Li}^{+2}$	50	$1 \cdot 10^{12}$
$^7\text{Li}^{+2}$	44	$6 \cdot 10^{12}$
$^{12}\text{C}^{3+}$	30	$2 \cdot 10^{13}$
$^{14}\text{N}^{3+}$	26	$2 \cdot 10^{13}$
$^{14}\text{N}^{4+}$	40	$2 \cdot 10^{12}$
$^{14}\text{N}^{5+}$	60	$6 \cdot 10^{11}$
$^{16}\text{O}^{3+}$	15	$2 \cdot 10^{13}$
$^{16}\text{O}^{4+}$	30	$3 \cdot 10^{12}$
$^{16}\text{O}^{5+}$	48	$2 \cdot 10^{12}$
$^{20}\text{Ne}^{2+}$	6	$5 \cdot 10^{13}$
$^{20}\text{Ne}^{4+}$	20	$5 \cdot 10^{12}$
$^{20}\text{Ne}^{5+}$	30	$3 \cdot 10^{12}$
$^{20}\text{Ne}^{6+}$	46	$1 \cdot 10^{12}$
$^{40}\text{Ar}^{4+}$	6	$2 \cdot 10^{13}$
$^{40}\text{Ar}^{5+}$	10	$1 \cdot 10^{13}$

Таблица 4. Перечень основных экспериментов, проведенных на циклотроне У-400 в 1993 году

Ион	Время, ч	Интенсивность	Эксперимент
$^{10}\text{B}^{2+}$	95	$2 \cdot 10^{12}$	Легкие экзотические ядра,
$^{11}\text{B}^{2+}$	195	$2 \cdot 10^{12}$	вторичные радиоактивные ядерные пучки
$^{12}\text{C}^{2+}$	70	$4 \cdot 10^{12}$	Изучение деления,
$^{16}\text{O}^{2+}$	310	$4 \cdot 10^{12}$	химический эксперимент на $Z = 104, 106$,
$^{18}\text{O}^{3+}$	240	$3 \cdot 10^{12}$	свойства экзотических ядер
$^{22}\text{Ne}^{3+}$	970	$3 \cdot 10^{12}$	Синтез изотопов $Z = 102-104$,
$^{20}\text{Ne}^{3+}$	300	$6 \cdot 10^{12}$	изучение воздействия облучения на материалы
$^{24}\text{Mg}^{3+}$	220	$2 \cdot 10^{12}$	Химические свойства $Z = 104-105$
$^{27}\text{Al}^{3+}$	190	$5 \cdot 10^{12}$	Изучение реакций горячего слияния
$^{34}\text{S}^{4+}$	130	$4 \cdot 10^{12}$	Подготовка к синтезу изотопов $Z = 108$
$^{40}\text{Ar}^{6+}$	120	$1 \cdot 10^{12}$	Изучение воздействия облучения на материалы
$^{58}\text{Ni}^{6+}$	75	$4 \cdot 10^{11}$	Кластерная радиоактивность
$^{59}\text{Co}^{6+}$	65	$3 \cdot 10^{11}$	
$^{84}\text{Kr}^{7+}$	610	$2 \cdot 10^{11}$	Трековые мембраны
Другие ионы	325		
Полное время	3915 ч		



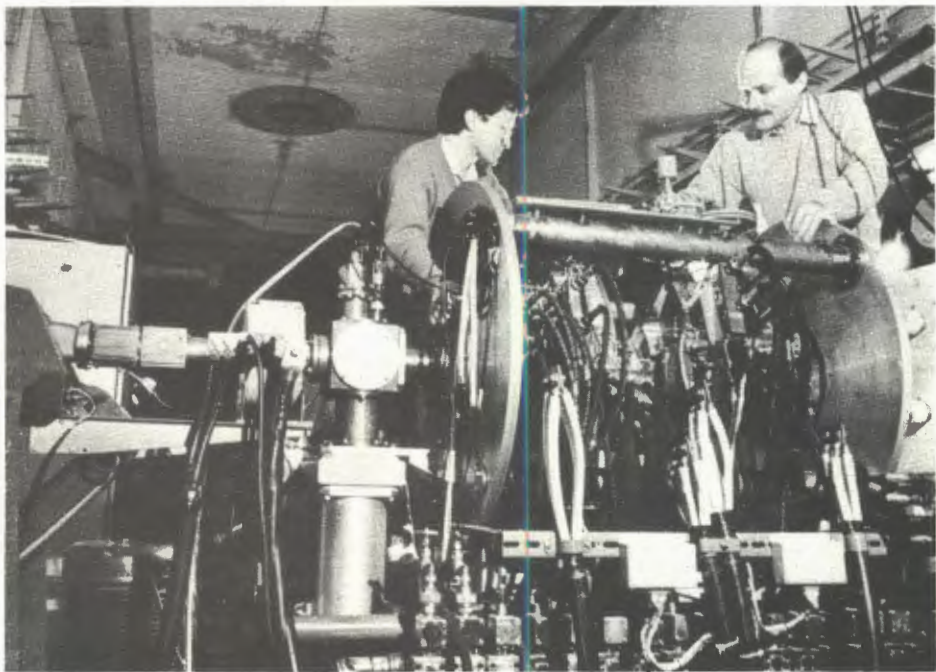
Канал транспортировки выведенного пучка ионов из ускорителя У-400М до установки ФОБОС

ИОННЫЕ ИСТОЧНИКИ

В апреле 1993 года в стендовых испытаниях получены пучки высокозарядных ионов из источника ECR типа DECRIS (Dubna Ion Source, 14GHZ), разработанного и созданного в ЛЯР в 1991—1992 гг. Ионный источник был испытан на ионах He, N, O и Ar [24]. Результаты этих измерений приведены в табл.5. В области легких ионов (до Ne включительно) интенсивности пучков высокозарядных ионов находятся на уровне лучших источников этого типа. Другой источник, рассчитанный на рекордные интенсивности пучков ионов типа $^{36}\text{S}^{10+}$ и $^{48}\text{Ca}^{14+}$, создается по контракту и в коллаборации с лабораторией ГАНИЛ. В 1993 году выполнено ~30% полного объема работ.

Таблица 5. Выход различных ионов из ЭЦР-источника DECRIS в электрических мкА при потенциале экстракции 10 кВ. Диаметр экстракционной щели 8 мм

Ион/Заряд	4 ⁺	5 ⁺	6 ⁺	7 ⁺	8 ⁺	9 ⁺	11 ⁺
N	270	92	17				
O		160	87	26			
Ar					70	24	
Ar				120	110	70	15



Источник ионов с электронно-циклотронным резонансом

НАКОПИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ТЯЖЕЛЫХ ИОНОВ K4—K10

Разработана новая концепция создания комплекса K4—K10. Основное внимание уделяется возможности ускорения радиоактивных ядер с $A \leq 50$, и предложены три стадии реализации этого проекта.

а) Создание инжекционного канала монохроматических пучков экзотических ядер. Короткоживущие ядра с E-10÷50 МэВ/н. могут быть

получены на циклотроне У-400М с интенсивностью вплоть до 10^8 1/с (для примера, ядра ^6He , ^9Li , $^{7,11}\text{Be}$ и т.д.). Точная фокусировка первичного пучка на производящую мишень и дебанчировка наносекундной структуры вторичного пучка позволяют получить для пучка радиоактивных ядер низкий эмиттанс ($\epsilon \approx 15\pi \cdot \text{мм} \cdot \text{мрад}$) и разброс по энергии ($\Delta E/E \approx 2 \cdot 10^{-3}$).



Пульт управления циклотроном У-400М.

б) Создание накопительного кольца К4 ($B_{\text{рmax}} = 4 \text{ Тл} \cdot \text{м}$) в существующих помещениях лаборатории с возможностью накопления $10^2 + 10^8$ ионов экзотических ядер с временем жизни $T_{1/2} > 10 \text{ мс}$ на орбите кольца с возможностью плавной регулировки в широкой области энергии. Возможно достижение высокого качества пучка ($\epsilon \approx 0,1 \pi \cdot \text{мм} \cdot \text{мрад}$, $\Delta E/E = 10^{-6}$). Все это позволит в экспериментах с внутренней мишенью достигать светимости $10^{22} + 10^{28} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$.

в) Третья стадия — создание лаборатории экзотических пучков на базе двух колец К4—К10.

УСТАНОВКА «ФОБОС»

Продолжались завершающие работы по созданию установки ФОБОС на пучке ускорителя У-400М. В сентябре 1993 г. 6 измерительных модулей, включающих плоскопараллельные счетчики и ионизационные камеры, были установлены на ФОБОС, и проведены измерения массовых и энергетических распределений осколков спонтанного деления $^{244}\text{См}$. Установка работала при загрузке 10^6 α -частиц на 1 событие спонтанного

В 1993 г. закончен технический проект магнитной системы кольца К4, и выполнено 40% работ по вакуумной системе. Изготовлен и испытан прототип магнитной струи для измерения профиля пучка ионов в кольце К4. По модели прототипа системы электронного охлаждения циркулирующего пучка многозарядных ионов работы выполнены на 80% полного объема. Начато создание плазменного источника на основе CO_2 -лазера. Возможность получения высокой импульсной интенсивности пучка, необходимой для инжекции в кольцо К4, была исследована на циклотроне У-400 на модели источника.

деления, и было накоплено 10^6 событий спонтанного деления, для исследования структуры массовых распределений холодного деления. В октябре и декабре 12 измерительных модулей и 10 CsI-счетчиков были задействованы, и проведено два сеанса облучения ^{232}Th мишени ионами ^7Li с энергией 43 МэВ/н. для исследования процесса тройного деления с вылетом легких заряженных частиц. Набрано 10^8 событий, в которых за-

регистрировано как минимум два осколка деления. Ведется обработка набранной статистики.

В лаборатории создается фрагмент-сепаратор КОМБАС. Система КОМБАС представляет собой двойную ахроматическую сепарирующую линию с тройной фокусировкой пучка ионов, которая позволяет выделять с высокой эффективностью продукты ядерных реакций, образующиеся на У-400М, и формировать пучок радиоактивных ядер. Предполагается, что к концу 1994 г. работы по изготовлению узлов и установки фрагмент-сепаратора на одном из каналов пучков У-400М будут завершены. Конфигурация сепаратора дана в табл.6.

Проведено исследование разрешения кристалла CsI(Tl) большей площади (диаметр 200 мм

и толщина 15 мм), соединенного посредством пустотелого световода с фотоумножителем ФЭУ-173, при регистрации фрагментов легких и промежуточных масс вторичных продуктов на ускорителе У-400 при энергии ионов ^{11}B (20 МэВ/н.) и на ГАНИЛ при энергиях ионов ^{18}O (63 МэВ/н.) и ^{36}Ar (44 МэВ/н.). В энергетическом интервале 2+77 МэВ/н. получено высокое разрешение от 0,7 до 6,2% в $\Delta E/E$ для частиц с $Z \leq 20$. Показана возможность разделения частиц с $Z = 1+7$ методом анализа формы импульса при регистрации вторичных частиц с фиксированной энергией. Подобный кристалл считается наиболее приемлемым для создания оболочки из сцинтилляторов для установки ФОБОС [25].

Таблица 6

Конфигурация	$\Delta\Omega$, мср	$\Delta p/p$, %	B_p , Тл·м	L , м
$M_1 M_2 M_3 M_4 F_d M_5 M_6 M_7 M_8 F_d$	6,4	± 10	4360	14,5

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТЯЖЕЛЫХ ИОНОВ С ВЕЩЕСТВОМ

Радиационное упрочнение Zr-фольг исследовано при облучении ионами Ne и Ar с энергией 11,5 МэВ/н. Для сравнительного анализа эффекта упрочнения под действием тяжелых ионов и нейтронов образцы также облучены на импульсном реакторе ИБР-2 и «Ева» в Кракове. На рис.10 представлена дозовая зависимость предела теку-

чести для образцов циркония от числа смещений на атом для ионов и нейтронов.

Видно, что одинаковый уровень радиационного упрочнения достигается при меньшей дозе в случае облучения нейтронами. Причиной может служить разница в спектрах первично-выбитых атомов, в случае нейтронного облучения они более жесткие. Однако большую роль может также

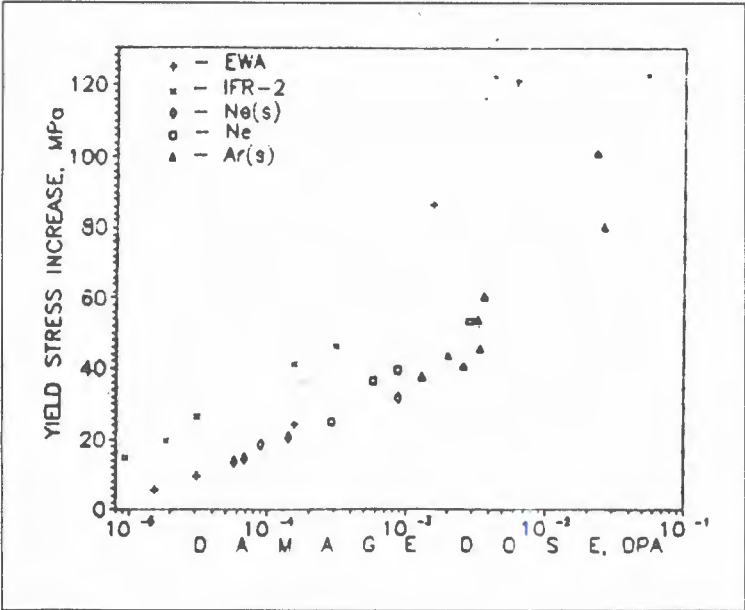


Рис. 10. Зависимость предела текучести для образцов циркония от числа смещений на атом при облучении ионами и нейтронами

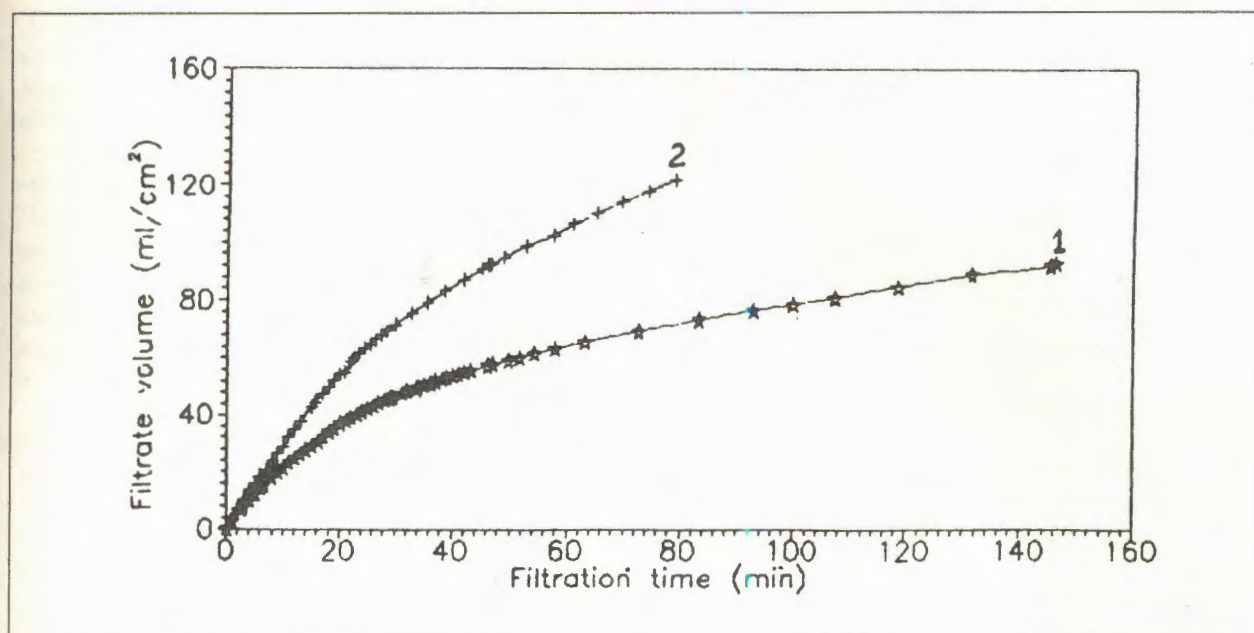


Рис. 11. Исследование зависимости скорости фильтрации от времени. Кривые 1 и 2 относятся к фильтрам, полученным на основе пленок толщиной 10 и 20 мкм соответственно

играть сечение образования атомов смещения, которое в случае нейтронного облучения намного ниже, чем в ионном. Более высокая плотность смещений в случае облучения ионами может приводить к аннигиляции дефектов и уменьшать изменение предела текучести. Данные исследования важны с точки зрения поиска оптимальных материалов для первой стенки термоядерного реактора.

Исследованы базисные свойства трековых мембран, полученных на основе полиэтилентерфталатных (ПЕТР) пленок толщиной 10 и 20 мкм. Сравнивались фильтры с диаметром пор 0,2, 0,4 и 1 мкм. С помощью «Conifer porometer» измерены следующие характеристики: плотность и размер пор, наложение пор и распределение пор по радиусу. Были также исследованы прочность на разрыв и скорость прохождения газа или жидкости через мембраны обоих типов. Мембраны толщиной 20 мкм превосходят мембраны толщиной 10 мкм как по фильтрующим качествам, так и по прочности [26] (рис.11).

ПОЛУЧЕНИЕ РАДИОИЗОТОПНЫХ ПРЕПАРАТОВ

Получение ультрамалых количеств радиоактивных изотопов для медико-биологических исследований и мониторинга проводилось на пучках ионов ^4He циклотрона У-200. В реакциях $^{235}\text{U}(^4\text{He}, xn)^{176}\text{Yb}(^4\text{He}, 3n)$ и $^{24,25}\text{Mg}(^4\text{He}, pxn)$

В коллаборации с ГСИ (Дармштадт) разработан метод сенсibilизации треков, определяющий скорость травления деструктированного материала. Экстракция олигомеров из полиэтилентерфталатных пленок, облученных ионами ксенона с энергией 11,4 МэВ/н., исследована методами ультрафиолетовой спектроскопии и гель-проникающей хроматографии. Определено, что циклические олигомеры являются главной компонентой, экстрагируемой при помощи диметилформамидов. Динамика экстракции содержит быструю компоненту ~2 мин и медленную ~100 мин, связанную с наличием скрытых треков в материале. Вместе с тем скрытые треки служат каналами для доставки раствора и экстракции олигомеров из материала. Из пленки экстрагируются продукты радиолиза с молекулярной массой вплоть до 3000. Полная экстрагируемая масса для одного трека совпадает с объемом трека с асимптотическим диаметром 3 нм [27—28].

получены стандартные и радиохимически чистые препараты ^{237}Pu , ^{236}Pu , ^{175}Hf и ^{26}Al . Радиоизотопы использованы в совместных с Harwell Lab. (Великобритания) для изучения метаболизма элементов в организме человека. Получены пер-

вые результаты, свидетельствующие, что поведение плутония существенно отличается от прогнозируемого на основе данных, полученных ранее с использованием α -препаратов ^{239}Pu . Особо чистые препараты ^{236}Pu ($^{238}\text{Pu} < 10^{-5}$; $^{239}\text{Pu} < 10^{-7}$) планируется использовать в совместных работах с Радиоэкологической лабораторией Университета Утих (США) для радиоэкологических исследований.

Для производства чистого ^{26}Al используется реакция $^{24,26}\text{Mg}(^4\text{He}, p\text{xn})^{26}\text{Al}$. Пластина разме-

ром $100 \times 50 \text{ мм}^2$ из магния (чистота 99,95%), предварительно приготовленная в специальных условиях, используется как мишень. Мишенный узел установлен на конечном радиусе циклотрона У-200. Уменьшение тепловой нагрузки обеспечивается за счет использования наклонной мишени. Достигались следующие рабочие параметры: средний ток — $80+90 \text{ мкА}$, время экспозиции 100 часов. В таком режиме облучено 5 мишеней, и проведена катионно-обменная хроматография для выделения ^{26}Al . Полученная после выделения активность ^{26}Al была оценена как 5 кБк.

ЛИТЕРАТУРА

1. Lazarev Yu.A. et al. — JINR E7-94-80, Dubna, 1994.
2. Andreev A.N. et al. — Nucl. Phys., 1993, vol. A553, p. 375.
3. Andreev A.N. et al. — Z. Phys. A, 1993, vol. 345, p. 247.
4. Andreev A.N. et al. — Z. Phys. A, 1993, vol. 345, p. 389.
5. Андреев А.Н. и др. — ЯФ, 1993, т. 56, в. 10, с. 9.
6. Andreev A.N. et al. — Nucl. Instr. and Meth., 1993, vol. A330.
7. Ter-Akopian G.M. et al. — J. Phys. G, 1993, vol. 19, p. 121.
8. Ter-Akopian G.M. et al. — Phys. Rev. C, 1993, vol. 48, p. 566.
9. Ter-Akopian G.M. et al. — Bull. Amer. Phys. Soc., 1993, vol. 38, p. 1806.
10. Timokhin S.N. et al. — JINR Rapid Commun., No. 4[61]-93, Dubna, 1993, p. 60.
11. Skobelev N.K. et al. — JINR Rapid Commun., No. 4[61]-93, Dubna, 1993, p. 36.
12. Andreev A.N. et al. — Phys. Lett. B, 1993, vol. 312, p. 49.
13. Muzychka Yu.A., Pustynnik B.I. — JINR Rapid Commun., No. 4[61]-93, Dubna, 1993, p. 54.
14. Bohlen H.G. et al. — Z. Phys. A, 1993, vol. 344, p. 381.
15. Загребяев В.И., Пенюонжкевич Э.Ю. — ЭЧАЯ, 1993, т. 24, в. 2, с. 295.
16. Penionzhkevich Yu.E. et al. — JINR Rapid Commun., No. 1[62]-94, Dubna, 1994, p.
17. Penionzhkevich Yu.E. et al. — Phys. Rev. C, 1993, vol. 47, p. 2941.
18. Tlustý P. et al. — Phys. Rev. C, 1993, vol. 48, p. 2082.
19. Карамян С.А., Белов А.Г. — Изв. РАН, 1993, сер. физ. № 1.
20. Rotbard G. et al. — Phys. Rev. C, 1993, vol. 48, p. 2148.
21. Boos N. et al. — Phys. Rev. Lett., 1994, to be published.
22. Анастасов А. и др. — Препринт ОИЯИ Р6-93-298, Дубна, 1993.
23. Hradecny C. et al. — Phys. Lett. A, 1993, vol. 180, p. 353.
24. Efremov A.A. et al. — Vacuum, 1993, vol. 44, p. 983.
25. Wagner W. et al. — JINR Rapid Commun., No. 4[61]-93, Dubna, 1993, p. 49.
26. Apel P. Yu. et al. — Radiat. Effects and Defects in Solids, 1993, vol. 126, p. 217.
27. Апель П.Ю. и др. — Химия высоких энергий, 1993, т. 27, с. 18.
28. Апель П.Ю. и др. — Химия высоких энергий, 1993, т. 27, с. 42.

ЛАБОРАТОРИЯ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ им. И.М.ФРАНКА

Лаборатория нейтронной физики в 1993 г. в рамках Проблемно-тематического плана научно-исследовательских работ и международного сотрудничества ОИЯИ самостоятельно разрабатывала шесть тем и участвовала в выполнении двух общепитутских тем.

Основной базовой установкой для работ по темам «Исследования конденсированных сред с помощью рассеяния нейтронов», «Исследования высокотемпературной сверхпроводимости» и «Активационный анализ и радиационные исследования» являлся высокопоточный импульсный реактор ИБР-2, успешная эксплуатация которого продолжается уже 10 лет. Для сохранения за ИБР-2 завоеванного места среди наиболее эффективных нейтронных источников в мире вплоть до XXI столетия в лаборатории реализуется тема «Развитие и совершенствование комплекса ИБР-2».

Работы по нейтронной ядерной физике выполнялись в рамках тем «Изучение фундаментальных характеристик нейтронов и ядер» и «Исследование свойств атомных ядер с помощью нейтронов» на импульсном бустере ИБР-30. Создание нового нейтронного источника ИРЕН, который придет на смену ИБР-30, продолжалось в соответствии с общепитутской темой «Разработка проектов ИРЕН, s - τ -фабрики и накопительного комплекса СИ».

По основным направлениям исследований ЛНФ было организовано 4 совещания, в том числе III Международная конференция по исследованию поверхности методом рассеяния нейтронов и рентгеновских лучей и Международное совещание по нарушению пространственной четности и временной инвариантности в реакциях, вызванных нейтронами.



Научный семинар памяти И.М.Франка

Экспериментальные работы. Эксперименты по физике конденсированных сред в основном ведутся на спектрометрах реактора ИБР-2. В последние два года для аттестации образцов и решения некоторых специальных задач дополнительно используются электростатический генератор ЭГ-5 и рентгеновский дифрактометр ДРОН-4.

В настоящее время на ИБР-2 сданы в регулярную эксплуатацию 10 спектрометров: ДН-2, ФДВР, НСВР, СНИМ, ДИФРАН, МУРН, ДИН, КДСОГ-М, НЕРА-ПР, СПН-1 на восьми пучках реактора (табл.1). В течение года получены новые результаты по всем основным научным направлениям физики конденсированных сред, развиваемым в ЛНФ.

Продолжались эксперименты по изучению модифицированных структур Bi -сверхпроводников [1].

Именно эти ВТСП-соединения вследствие сложной электронной конфигурации иона Bi^{3+} проявляют тенденцию к образованию сверхструктур, которые могли бы приводить к формированию ВТСП-свойств. В экспериментах, выполненных на дифрактометре ДН-2 на моно- и поликристаллах, изучались составы: $\text{Bi}_2(\text{Sr}, \text{Ca})_3\text{Cu}_2\text{O}_{8+y}$, $\text{Bi}_2\text{Sr}_{3-x}\text{Y}_x\text{Cu}_2\text{O}_{8+y}$ и $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CuO}_{6+y}$. Было показано, что все составы обнаруживают модуляцию структуры вдоль оси a элементарной ячейки с периодом от $4,25a$ до $4,75a$. Были определены структуры этих соединений и показано, что сверхпериод обусловлен формированием цепочек $\text{Bi}_n\text{O}_{n+1}$ вдоль оси a .

Встраивание дополнительного атома кислорода (y) в эти цепочки приводит к появлению волнооб-

Таблица. Нейтронные спектрометры на импульсном реакторе ИБР-2

Спектрометры	Предмет исследования	Сотрудничество
I. Нейтронная дифракция		
1. Дифрактометр по времени пролета ДН-2	Структура кристаллов Фазовые переходы Переходные процессы	Россия: ИК, МГУ, ФТИ, МИТХТ, ИФТТ; Франция, ФРГ и др.
1. Фурье-дифрактометр высокого разрешения ФДВР	Прецизионный структурный анализ	Россия: ИК, МГУ, ПИЯФ, ИФТ; Великобритания, Финляндия, ФРГ
3. Дифрактометр по времени пролета ДН-12	Структура кристаллов при давлениях до 200 кбар	Россия: РНЦ КИ, ИФВД; Венгрия, ФРГ
4. Текстурированный дифрактометр НСВР	Текстуры промышленных изделий и горных пород	Россия: ИФЗ, МИФИ, УПИ; ФРГ
5. Дифрактометр с импульсным магнитным полем СНИМ	Магнитная структура при полях до 15 Тл	Россия: ИОФ, МГУ; Болгария, Чехия
6. Дифрактометр на идеальных кристаллах ДИФРАН	Динамическая дифракция нейтронов	Россия: ИОФ; Латвия
II. Малоугловое рассеяние нейтронов		
7. Спектрометр МУРН	Надатоменная структура вещества: стекла, растворы, полимеры	Россия: ИБ, МГУ, МИТХТ; Великобритания, Венгрия, Франция, ФРГ
III. Неупругое рассеяние нейтронов		
8. Спектрометр прямой геометрии ДИН	Водород в металлах, жидкий гелий	Россия: ФЭИ, ИМЕТ
9. Спектрометр обратной геометрии КДСОГ	Кристаллические поля, фононные спектры	Россия: РНЦ КИ, ИМЕТ, ИФТТ; Польша
10. Спектрометр высокого разрешения НЕРА-ПР	Молекулярная спектроскопия	Россия: ИФТТ, ИТЭФ; Великобритания, Польша
IV. Нейтронная оптика		
11. Спектрометр поляризованных нейтронов СПН-1	Магнитные неоднородности, домены	Россия: ИОФ, ИФТТ, ПИЯФ, УПИ; Польша, Франция, ФРГ
12. Нейтронный рефлектометр РЕФЛЕКС	Поверхностные явления, внутренние поля	Россия: ПИЯФ, УПИ; Венгрия, Польша, ФРГ

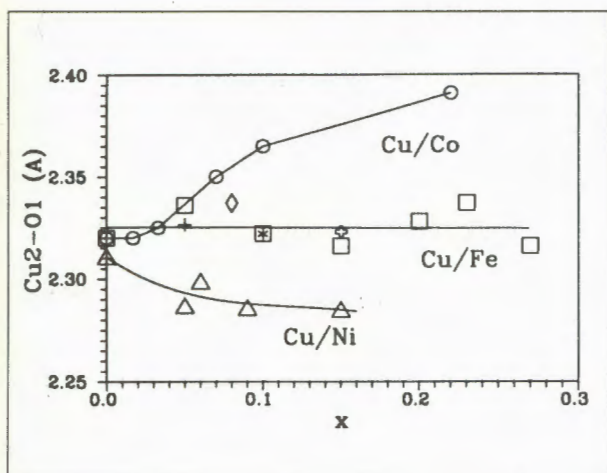


Рис. 1. Зависимость межатомного расстояния Cu2-O1 в Y123 от концентрации x примесных атомов: Fe, Ni и Co. Для Y123-Cu/Fe представлены также литературные данные. Размер точек соответствует величине погрешностей

разного искажения атомных плоскостей с амплитудой 0,2—0,4 Å вдоль оси c . Изучение температурной зависимости периода и амплитуды модуляции показало, что их прямая связь со сверхпроводящими свойствами Bi-соединений отсутствует, но именно они во многом определяют баланс заряда в элементарной ячейке. Таким образом, в этих экспериментах была решена весьма сложная структурная задача, что позволило существенно прояснить ситуацию с Bi-соединениями.

Завершен цикл работ по изучению магнитной фазовой диаграммы ВТСП-соединения $YBa_2(Cu_{1-x}Fe_x)_3O_{6+y}$ в зависимости от концентрации железа x и содержания кислорода y в диапазоне температур от 8 до 450 K [2]. Эксперименты проводились на дифрактометрах ЛНФ и Лаборатории Леона Бриллюэна (Сакле) и с помощью эффекта Мессбауэра в ИК РАН на образцах, обогащенных изотопом ^{57}Fe . Достигнутая высокая контрастность позволила однозначно определить вероятности замещения атомов меди на железо и выявить характер изменения межатомных расстояний (рис.1). Определена магнитная фазовая диаграмма соединения. Подтверждена коллинеарная антиферромагнитная структура, существующая при концентрации Fe больше 5%, с возвратным поведением при температурах ниже 100 K. В области концентраций железа 7—23% обнаружены неожиданно сильная связь между спинами железа и меди, а также большой магнитный момент, индуцируемый в узлах Cu1.

Методом дифракции в реальном времени изучено формирование ВТСП-системы Bi(Pb)-Sr-

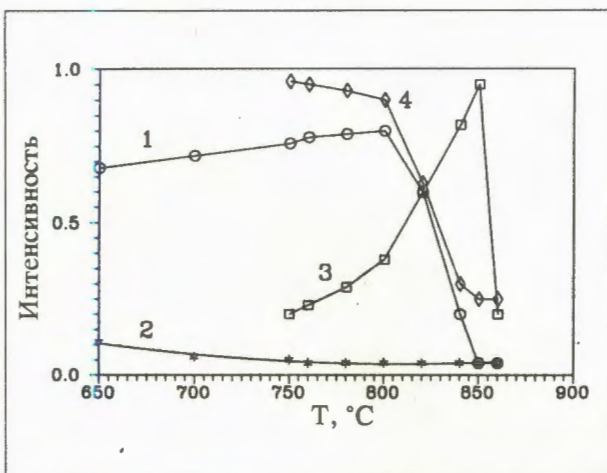
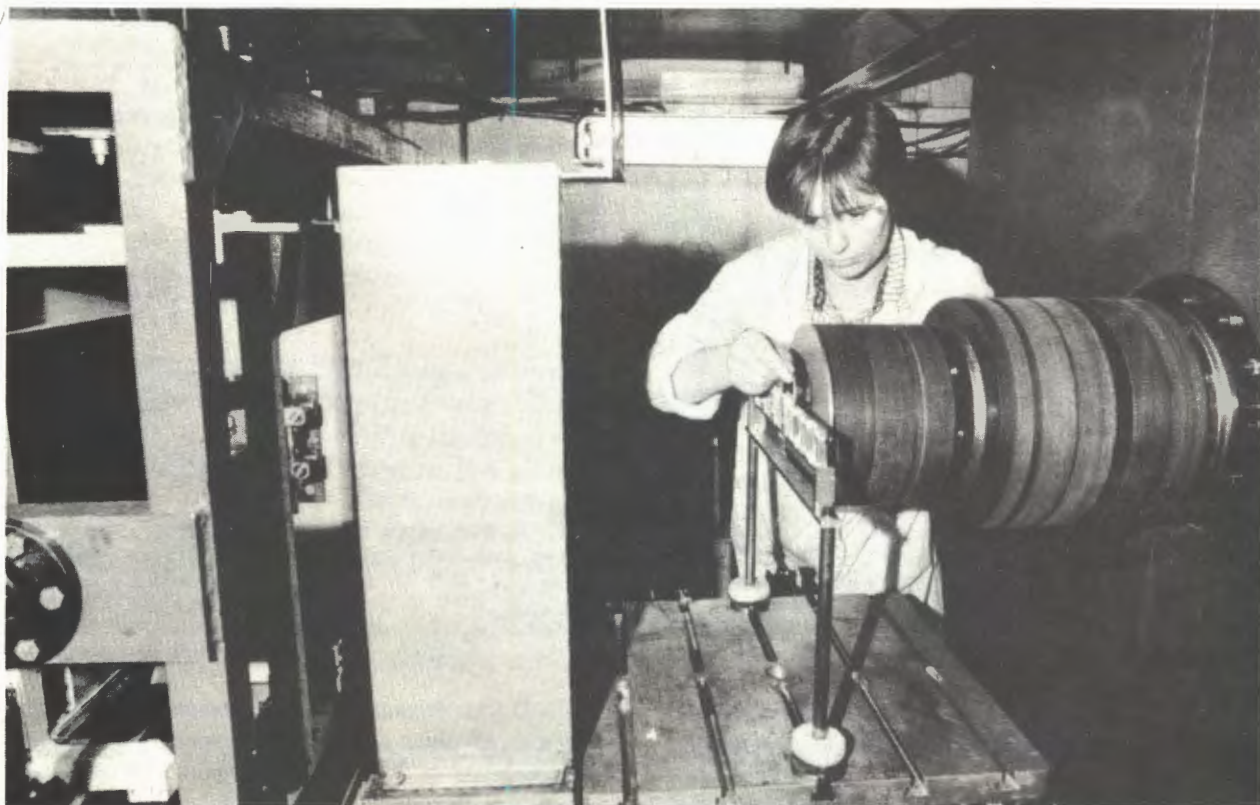


Рис. 2. Температурная зависимость интегральной интенсивности пика (002) для фаз 2201 и 2212 при нагревании (кривые 1 и 3) и охлаждении (кривые 2 и 4) соответственно

Ca-Cu-O [3]. Впервые удалось наблюдать процессы формирования и декомпозиции основных фаз этой системы — 2201 и 2212 (рис.2). Показано, что важную роль в этих процессах играет промежуточная фаза $Sr_{1-x}Ca_xCuO_2$. Выше 850 °C механизм декомпозиции включает процесс частичного плавления. Стехиометрия, появляющаяся при частичном плавлении фазы, определяет стехиометрию ВТСП-фазы, формирующейся при медленном охлаждении смеси. Короткие времена отжига образовавшейся фазы позволяют получить 2212-фазу. Для формирования 2223-фазы, обладающей большей T_c , необходим существенно более продолжительный отжиг. Работа выполнена совместно с учеными из Института физики и технологии материалов (Бухарест).

На дифрактометре СНИМ с большим импульсным магнитным полем проведены исследования антиферромагнитного состояния в $HoFeO_3$, индуцированного внешним магнитным полем. Чувствительность измерений магнитного момента составляла $0,1\mu_B$ на один катион. Определена температурная зависимость «антиферромагнитной восприимчивости» в диапазоне от 79 до 220 K. Определена также величина неколлинеарности антиферромагнитного упорядочения в подрешетке железа, которая составила около 2%.

На малоугловом спектрометре МУРН впервые проведены исследования мицеллярных систем при высоких гидростатических давлениях. В растворе тетрадецилдиметиламинооксида (C_{14} -DMAO) в диапазоне давлений до 8 кбар обнаружен фазовый переход, при котором цилиндрические мицеллы с радиусом 18,5 Å и длиной 160 Å переходят в состо-



Дифрактометр МУРН. Смена кассет с образцами цементного камня

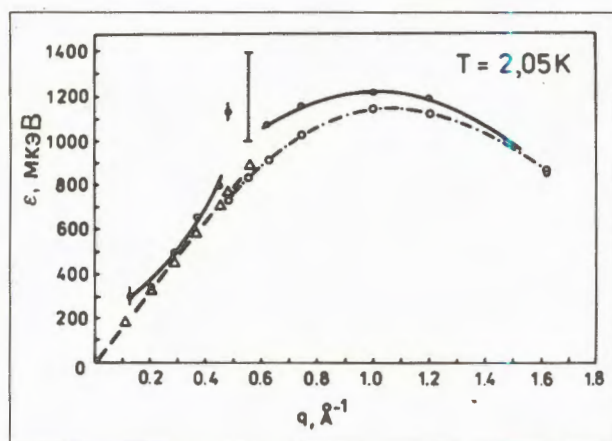


Рис. 3. Кривые дисперсии жидкого гелия-4 при температуре 2,05 К

яние с радиусом 52 Å. Эксперименты выполнены совместно с физиками из Байройта (ФРГ).

Методом неупругого рассеяния нейтронов получены новые результаты по изучению молекулярной динамики конденсированных сред.

На спектрометрах ДИН-2ПР и ДИН-2ПИ, работающих по принципу прямой геометрии (монокроматизация нейтронов, падающих на образец), в основном продолжались исследования динамики жидкого гелия, жидких металлов и мо-

лекулярных жидкостей, а также динамики сплавов и локальных колебаний примесных атомов водорода, азота и кислорода в металлах и сплавах.

Акцент в исследовании квантовых свойств жидкого гелия-4 сместился от изучения распределения атомов по импульсам с помощью анализа спектров нейтронов, рассеянных с большой передачей импульса (импульсная аппроксимация), к детальному изучению дисперсионной кривой возбуждений в жидком гелии при различных температурах [4]. Для проведения этих исследований был организован режим работы спектрометра ДИН-2 при начальных энергиях нейтронов от 2 мэВ и ниже. Малые значения начальных энергий позволили существенно уменьшить влияние многофононного и многократного рассеяния нейтронов и улучшить разрешение до величин от 50 до 100 мкэВ в зависимости от волнового вектора. Показателем достигнутой высокой чувствительности явилось наблюдение пиков, связанных с рассеянием нейтронов жидким гелием с приобретением энергии, т.е. на существующих в жидкости возбуждениях. Анализ полученных законов рассеяния (рис.3) показал, что фон-максон-ротонный пик, или, точнее говоря, пик, существование которого традиционно связывалось с квази-частицами или элементарными возбуждениями в гелии, имеет сложную многокомпонентную структуру. Физическая природа этой структуры



Экспериментальный зал реактора ИБР-2. На переднем плане: спектрометр ДИН-2 для исследований атомной структуры и динамики кристаллических и аморфных тел

укладывается в рамки интенсивно развиваемой сейчас концепции Гриффина — Глайда. Наличие сложной структуры закона дисперсии возбуждений в гелии объясняется одновременным существованием мод различной природы (нуль-звуковые колебания, однопарные процессы типа квазичастица—квазидырка и одноквазичастичные колебания). Температурная зависимость вкладов каждого из процессов приводит к очень сложной температурной зависимости вида экспериментального спектра, искаженного вдобавок многофононным и многократным рассеянием. Только существенное уменьшение многофононного и многократного рассеяний за счет низкой начальной энергии нейтронов позволило выделить указанные выше моды.

Проведен детальный анализ экспериментальных данных по рассеянию медленных нейтронов жидким калием в температурном интервале 340—550 К, в результате чего впервые получена температурная зависимость частотного спектра колебаний атомов расплава и связанных с этим спектром других микродинамических характеристик: автокорреляционной скоростной функции, среднеквадратичной амплитуды колебаний атомов, усредненной по направлению силовой постоянной межатомных взаимодействий, а также изохорной теплоемкости, рассчитанной с уче-

том ангармонических эффектов. Получены характеристики диффузионных процессов в жидком калии в указанном диапазоне температур и представление о механизме этих процессов; исследовано соответствие экспериментальных результатов теории взаимодействия мод. Исследованы коллективные моды в жидком калии, и на основе этих данных рассчитаны характеристики релаксационных процессов в расплаве — времена жизни и критерии немарковости.

Продолжено исследование азотистых аустенитных сталей для определения силовых постоянных межатомного взаимодействия [5]. Примеси азота оказывают сильное влияние на твердость аустенитных сталей. Исследованы спектры частот аустенитных сплавов Fe—Cr—Mn—Ni (f.c.c) с содержанием азота в диапазоне 0,06—0,5 весовых процента. Обнаружено, что для состава Fe—18Cr—10Mn—16Ni внедрение азота не приводит к изменению силового взаимодействия Me—Me и Me—N.

Проведены исследования сплавов β -фаз внедрения $TaN_{0,45}$ и $TaN_{0,45}H_{0,1}$. Получены данные об энергиях колебаний атомов азота и водорода и константах силового взаимодействия металл — атом внедрения. На примере раствора $TaV_{0,03}N_{0,03}$ изучалось явление «захвата» внедренных атомов азота примесями замещения Ta—V.

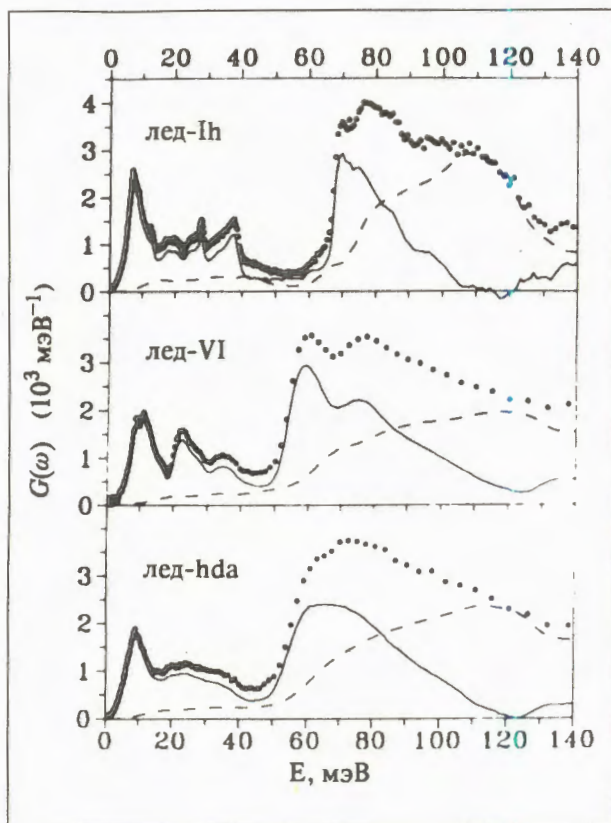


Рис. 4. Графики обобщенной вибрационной плотности состояний $G(\omega)$ для гексагонального H_2O -льда Ih, льда в закаленной фазе высокого давления VI и аморфного льда высокой плотности (hda). Точки — суммарный экспериментальный спектр, пунктирные кривые — теоретически рассчитанные вклады многофононного нейтронного рассеяния, сплошные кривые — однофононные спектры

Исследование структуры примесной зоны в сплаве $\text{Y}_{0,03}\text{N}_{0,03}$ обнаруживает, что колебания внедренных атомов водорода и кислорода не соответствуют расположению этих атомов в центре октаэдрической межузельной позиции кубической решетки иттрия.

Исследования динамики молекулярных кристаллов и фазовых переходов выполнялись на спектрометре неупругого рассеяния НЕРА-ПР [6]. На смешанных кристаллах $\text{K}_{1-x}(\text{NH}_4)_x\text{SCN}$ проведено исследование температурной зависимости статического и динамического беспорядка аммониевого и тиоцианатового ионов в диапазоне температур от 10 К до комнатной и в широком интервале концентраций аммония [7]. Выявлено несколько фазовых переходов, связанных с динамикой аммониевых ионов: структурный фазовый переход типа порядок — беспорядок при низких температурах для $x = 0,75$, переход от динамической реориентации в фазу протонного стекла для $0,3 < x < 0,75$ и в фазу почти свобод-

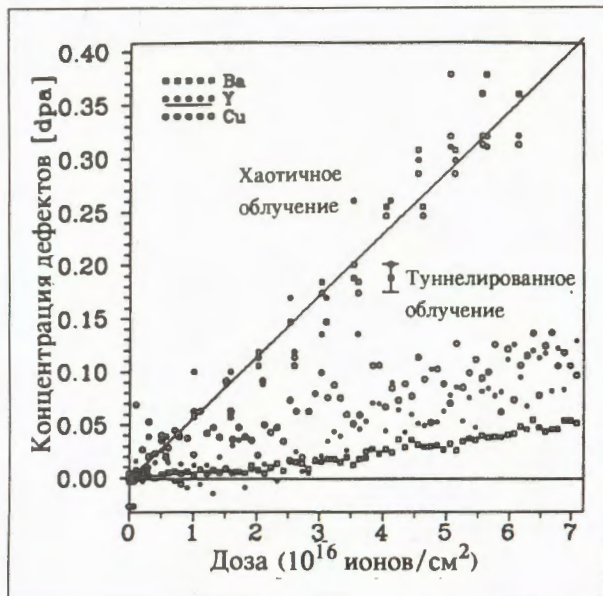


Рис. 5. Зависимость концентрации дефектов в пленке $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ толщиной 90 нм от дозы облучения ионами ^4He с энергией 1 МэВ при хаотичном и туннелированном облучении

ной квантовой ротации при гелиевых температурах для $x < 0,1$.

Колебательный спектр закаленного аморфного льда высокой плотности (hda), полученного при сжатии гексагонального льда Ih до 13 кбар при 77 К, изучался с помощью неупругого некогерентного рассеяния нейтронов в энергетической области от 1 до 120 мэВ при 80 К (рис.4) [8]. Спектры льда Ih и льда в закаленной фазе высокого давления VI были также измерены для сравнения. В трансляционной зоне спектра фазы hda-льда первый пик в области акустических мод сдвинут на 2 мэВ в сторону высоких энергий, но в либрационной зоне спектр показывает, что низкоэнергетическое обрезание этой зоны сдвигается на 13 мэВ в сторону низких значений переданной энергии при сравнении со льдом Ih. Была наблюдаена аналогия основных особенностей спектров hda-льда и льда VI, и, таким образом, динамика этих фаз льда должна определяться одинаковыми атомными корреляциями и силовыми постоянными.

Исследования ВТСП-керамики Y123 ($T_c = 91$ К) были выполнены на спектрометре поляризованных нейтронов СПН-1 [9]. В этих экспериментах измерены зависимости депolarизации нейтронного пучка от температуры и магнитного поля. Длина волны нейтронов варьировалась от 0,5 до 15 Å, а температура от 77 до 250 К. Получена новая информация о распределении магнитного поля в образце. В частности, обнаружено возможное проявление так на-

зываемой линии депиннинга, которая отделяет захваченные вихри от свободно движущихся.

На электростатическом ускорителе ионов ЭГ-5 изучался механизм радиационного дефектообразования в монокристаллических пленках YBaCuO при облучении ионами гелия-4. Экспериментальная часть исследований описана в работе [10], основной темой которой было определение степени влияния величины дозы на свойства измеряемого объекта в процессе измерения. Рассматривались два аспекта: изменение распределения элементов по глубине в пленке (профили элементов) под воздействием анализирующего ионного пучка и нарушения кристаллической решетки при облучении во время измерения (рис.5). Получено, что для пленки YBaCuO вклад ионизационного механизма составляет 30—60% от вклада столкновительного дефектообразования. Моделированием процесса взаимодействия ионов с атомами мишени найдена средняя энергия 5 эВ, необходимая для необратимого смещения атома решетки YBaCuO .

Развитие экспериментальной базы. Сдан в эксплуатацию нейтронный фурье-дифрактометр высокого разрешения (ФДВР). На нем начаты регулярные физические эксперименты. Исследуются сложные структуры ВТСП-соединений, в том числе Y124 , Hg-1212 и др., суперпротонные проводники. Высокая разрешающая способность дифрактометра позволяет различать существенно больше тонких деталей структуры, чем это было возможно ранее на ИБР-2. На ФДВР начата программа прикладных исследований. Проведены совместные с физиками из ФРГ эксперименты по внутренним напряжениям в массивных изделиях. Создается методическая база для одновременного измерения деформаций в двух взаимно перпендикулярных направлениях (проект НИДА) [11].

Начаты эксперименты на дифрактометре ДН-12 с камерой высокого давления (алмазные наковальни). Уже на макетном варианте дифрактометра время набора статистики от образца объемом $0,03 \text{ мм}^3$ при давлении 80 кбар составляет около суток (рис.6). В пробных экспериментах на гематите $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ при давлении 45 кбар подтвержден фазовый переход в новое состояние с промежуточным направлением магнитных моментов.

На установке с импульсным магнитным полем СНИМ завершается работа по созданию генератора прямоугольных импульсов поля.

Наступила завершающая стадия в создании рефлектометрического комплекса «Рефлекс» на канале 9 ИБР-2 [12]. Запуск установок «Рефлекс-1» (на поляризованных нейтронах) и «Рефлекс-2» (на неполяризованных нейтронах) позволит существенно расширить экспериментальную

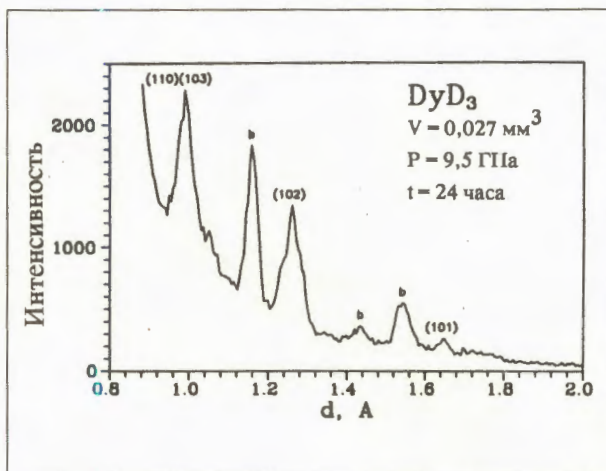


Рис. 6. Дифракционный спектр от DyD_3 , измеренный при давлении 9,5 ГПа за 24 часа. Объем образца составлял $0,027 \text{ мм}^3$

программу по изучению поверхности и тонких магнитных и немагнитных пленок.

Теоретические исследования. Проведен анализ температурной зависимости ширины линии переходов между f -уровнями ионов Tm , расщепленных кристаллическим полем в YBCO . Показано, что основной вклад в уширения вносят антиферромагнитные флуктуации вблизи Γ -точки зоны Бриллюэна, а температурная зависимость определяется статической восприимчивостью [13].

Проведен анализ верхнего критического поля сверхпроводящих сверхрешеток на основе ванадия и меди [14, 15]. Показано, что в сильных магнитных полях вследствие уменьшения магнитной длины нормальный металл не влияет на распределение сверхпроводящего зародыша в сверхрешетке. Численное решение уравнения Гинзбурга — Ландау находится в хорошем согласии с экспериментом.

Проведен численный анализ сильнодействующей системы фононов с электроном. Показано, что точное решение совпадает с адиабатическим поляроном Холстейна. С использованием точной диагонализации вычислена оптическая проводимость на конечном кластере. Показано, что аналитическое выражение для полярона малого радиуса применимо только в пределе сильной связи.

Проведено численное моделирование системы самоизбегающих циклов на квадратной решетке [16]. Показано, что распределение нулей статистической суммы имеет форму овала. Полученное значение критической точки модели близко к точному значению T_c модели Изинга.

Проблема восстановления распределения внутренних магнитных полей по наблюдаемой функции деполяризации поляризованного нейт-

ронного пучка при прохождении его через магнитную среду является весьма актуальной. Развита новая методика к вычислению функции деполяризации, основанная на модели сильного взаимодействия. В пределе малых длин волн воспроизводятся результаты теории Халперна — Холстейна [17].

Изучение зеркального отражения нейтронов от различных типов мультислоев является одной из практически важных задач конструирования зеркал для нейтронных источников. Проведен численный анализ коэффициента отражения нейтронов от

НЕЙТРОННАЯ ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА

Решение о создании нового импульсного источника резонансных нейтронов ИРЕН и начало реализации этого проекта стимулировало активную работу физиков-ядерщиков по модернизации существующих и разработке новых методик для экспериментов в традиционных для ЛНФ направлениях.

После длительной задержки, связанной с недостаточным финансированием, началась полномасштабная реализация проекта УГРА для измерения электрической поляризуемости нейтрона. Изготавливается крупногабаритная вакуумная камера рассеяния для установки. Монтаж камеры в экспериментальном павильоне и ее испытания планируются на конец 1994 г. Установка должна быть подготовлена к пуску ИРЕН.

Модернизируется установка для измерения запаздывающих нейтронов деления на реакторе ИБР-2. В частности, изготовлен и монтируется новый прерыватель на пучке нейтронов. В 1994 г. будут выполнены измерения на образцах, изготовленных в НИИЯР.

Завершена модернизация и комплексная наладка установки с выстроенной урановой мишенью. Проведены первые методические измерения (n, f)-реакции на ядре ^{235}U . Установка подготовлена к набору рабочей статистики в 1994 г. Работа выполняется международной коллаборацией ОИЯИ — ФЭИ — Институт Лауэ — Ланжевена — Дельфтский университет.

Создается установка для измерения P -нечетной асимметрии вылета гамма-квантов из реакции $^{10}\text{B}(n, \alpha)^7\text{Li}^* \rightarrow ^7\text{Li} + \gamma$ на интенсивном пучке тепловых поляризованных нейтронов в Гатчине. Измерения планируются во второй половине 1994 г.

Новые результаты получены по проблеме нарушения четности в реакциях, вызываемых нейтронами [20, 21]. Так, с дубненским моноизотоп-

многослойных структур, образующих так называемую последовательность слов Фибоначчи [18]. Показано, что беспорядок квазикристаллического типа в расположении материалов зеркал может дать сдвиг границы полного отражения нейтронов как в область больших, так и малых длин волн.

Показана принципиальная возможность индуцированного электрическим полем гигантского обратного пьезоэффекта в тонких ВТСП-пленках с дислокациями. Найдено, что величина этого эффекта зависит как от толщины пленки, так и от числа дислокаций в образце [19].

Образцом ^{113}Cd в совместном эксперименте Дубна — Гель были измерены спины p -волновых нейтронных резонансов, обнаруженных ранее физиками ЛНФ. Затем с этим же образцом были проведены измерения P -нечетных эффектов в пропускании нейтронов на светосильном спектрометре резонансных нейтронов LANSCE в Лос-Аламосе. Предварительный анализ первой серии совместных измерений, проведенный с существенным использованием данных о спинах p -волновых резонансов, указывает, по-видимому, на отсутствие знаковой когерентности P -нечетных эффектов, обнаруженной ранее для ядер тория и урана. Планируется продолжение экспериментов с образцом ^{113}Cd ввиду принципиальной важности знаковой аномалии в понимании природы нарушения пространственной четности в ядрах.

Завершен первый этап измерений на ИБР-30 (на специально модернизированной установке ПОЛЯНА) деполяризации нейтронов в монокристаллическом образце гольмия с выстроенными ядрами, проводимых в рамках долгосрочной программы коллаборации ЛНФ — Дьюкский университет — Лос-Аламосская национальная лаборатория по изучению нарушений временной инвариантности в реакциях, вызванных нейтронами. Анализ проведенных в Дубне экспериментов указывает на существенную (до 300%) угловую зависимость эффекта деполяризации (рис.7), что требует корректировки планируемой методики измерения T -нечетной пятивекторной корреляции спинов нейтрона и ядра и импульса нейтрона.

На ИБР-30 на установке ПОЛЯНА с использованием рекордного по массе (1,5 кг) поляризованного образца ^{139}La измерено сечение пропускания на поляризованных нейтронах (рис.8) [22]. Получена энергетическая зависимость поляризационного сечения, необходимая для

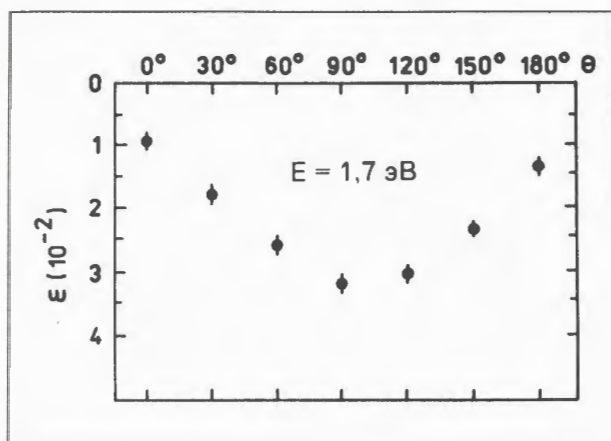


Рис. 7. Угловая зависимость эффекта пропускания ϵ , обусловленная деполяризацией нейтронов в монокристалле гольмия при различных ориентациях его c -оси

анализа P - и T -нечетных эффектов, которые планируется изучать в Дубне и Гатчине.

В рамках темы исследований фундаментальных свойств нейтрона коллаборацией ЛНФ — ПИЯФ — ВНИИЭФ — ТУ (Мюнхен) — ИЯИ АН Украины продолжено изучение проблемы электрической поляризуемости. Анализ последних измерений энергетической зависимости полного сечения взаимодействия нейтронов с ядром изотопа свинца ^{208}Pb показал, что коэффициент электрической поляризуемости нейтронов сильно (вплоть до изменения знака) зависит от выбранной для расчетов амплитуды нейтрон-электронного взаимодействия. Поскольку извлеченные из разных экспериментов значения этой амплитуды отличаются на несколько стандартных погрешностей, то необходимы новые подходы к данной проблеме. Один из них заключается в прецизионном измерении полного сечения указанного изотопа свинца на фильтрованных пучках нейтронов. Эти измерения начаты на реакторе ИЯИ АН Украины в 1993 году. Первые эксперименты показали достижимость требуемой точности.

В области ультрахолодных нейтронов продолжались исследования времени жизни нейтрона. Развиваются два направления: эксперименты на стационарном реакторе ВВР-М в Гатчине и создание установки на импульсном реакторе БИГР в ВНИИЭФ (Арзамас). В первом случае закончена модернизация установки КОВШ-2, которая подготовлена к эксперименту, но начало измерений задерживается из-за трудностей в запуске нового канала УХН на ВВР-М. По второму направлению был выполнен большой объем работ по разработке установки ИСПИН для получения, извлечения и использования сверхплотного газа УХН. Однако в связи с повышением требований к технике безопасности на БИГР конструкция установки дол-

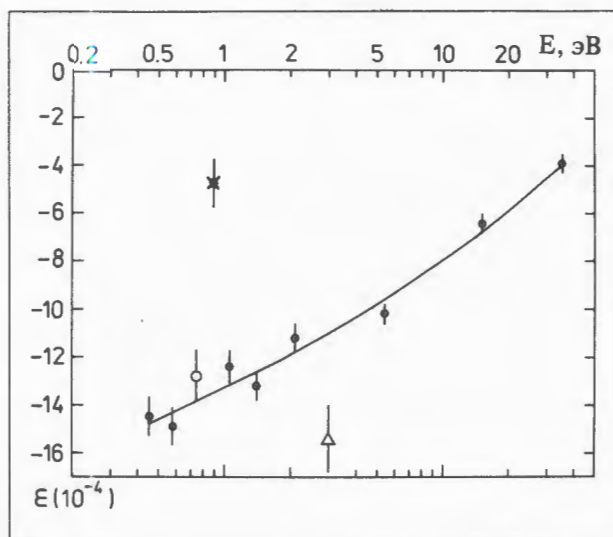


Рис. 8. Эффект пропускания ϵ поляризованных нейтронов через поляризованную мишень лантана. Светлые кружки — резонансы 0,74 эВ (^{139}La) и 3,0 эВ (^{138}La), крестик — резонанс 0,78 эВ (^{159}Sm)

жна быть доработана, что отодвигает первые эксперименты на 1995 г.

Для решения проблемы аномальной утечки УХН из сосудов разработана активационная методика измерения спектров нейтронов, возникающих после неупругого взаимодействия УХН с поверхностью материала сосуда. Методика опробована на канале УХН в Гатчине с материалами, имеющими рекордно низкие коэффициенты поглощения (10^{-5} — 10^{-6} на одно столкновение).

Совместно с ЛВТА выполнен большой объем работ по математическому моделированию эксперимента и функционирования ряда узлов установки, предназначенной для первого прямого измерения амплитуды нейтрон-нейтронного рассеяния на реакторе БИГР [23].

Ряд новых результатов получен в традиционной нейтронной спектроскопии.

Двухквантовые гамма-каскады, измеренные в ЛНФ для двадцати ядер-мишеней в интервале масс $114 < A < 187$, проанализированы с целью выявления интенсивных гамма-переходов между приблизительно эквидистантными возбужденными уровнями (рис.9) [24]. Сделан вывод о возможном существовании в тяжелых ядрах групп возбуждений вибрационного типа с характерным энергетическим интервалом $E = 500$ – 800 кэВ. Для подтверждения данного заключения необходимы измерения в ряде нейтронных резонансов, что требует значительного (и дорогостоящего) увеличения светосилы существующего спектрометра. Некоторый прогресс в этом направлении ожидается в 1994 г. в случае получения новых гамма-детекторов, заказанных в Кракове.

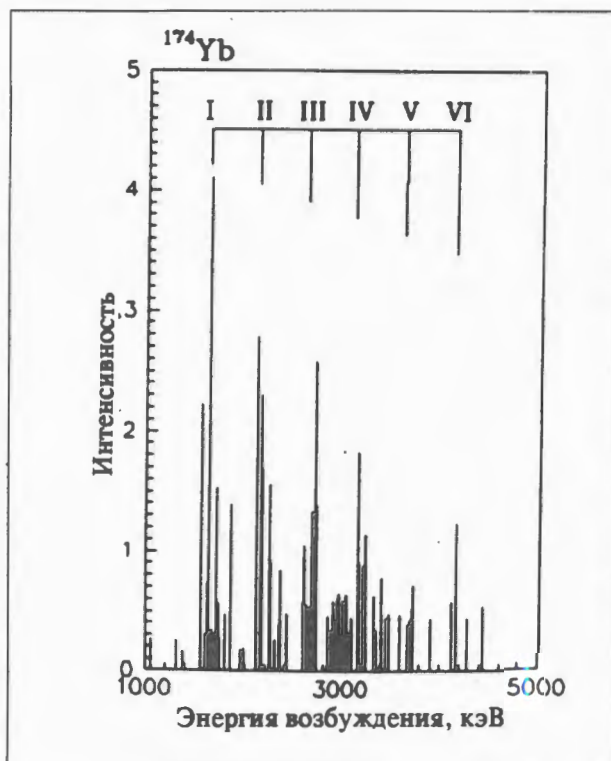


Рис. 9. Зависимость абсолютной интенсивности двухквантовых каскадов на первое возбужденное состояние ^{174}Yb от энергии возбуждения. Римскими цифрами помечены вероятные группы эквидистантных состояний

Измерения реакции $^{14}\text{N}(n, p)^{14}\text{C}$ в Дубне и Киеве [25] в интервале энергий нейтронов 0+144 кэВ позволили утверждать, что ядро ^{14}N является сильным поглотителем нейтронов, оно в значительной мере определяет производство изотопа ^{19}F в S-процессе нуклеосинтеза.

Исследование реакций $^{26}\text{Al}(n, p)^{26}\text{Mg}$ и $^{26}\text{Al}(n, \alpha)^{23}\text{Na}$ в эксперименте Дубна — Лос-Аламос приводит к выводу о более сильном, чем предполагалось ранее, разрушении ядра ^{26}Al на промежуточных стадиях нуклеосинтеза, что важно учитывать в поправках к наблюдениям на гамма-телескопах.

Закончена обработка [26] большого цикла измерений реакции $^{36}\text{Cl}(n, p)^{36}\text{S}$, играющей ключевую роль в производстве изотопа ^{36}S , который, в свою очередь, существенно влияет на разветвление быстрого и медленного путей нуклеосинтеза. Измерение энергетической зависимости сечения (рис.10) в широкой области энергии нейтронов (до 800 кэВ) потребовало применения многоуровневого мультиматричного формализма анализа. Рассчитанная с учетом данных [26] скорость реакции образования ^{36}S оказалась [27] в два раза меньше используемой ранее в расчетах, что позволяет избавиться от существующих труд-

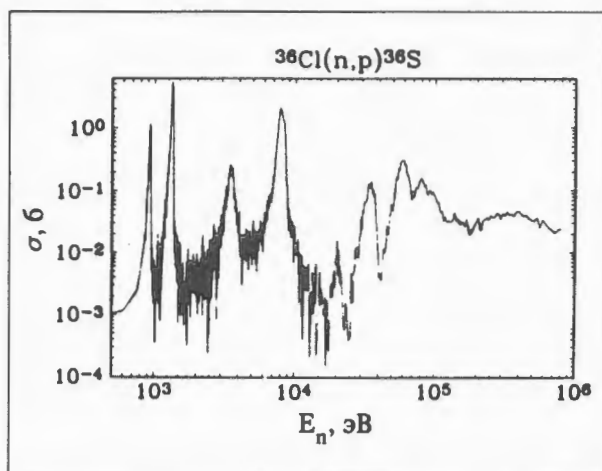


Рис. 10. Зависимость сечения реакции $^{36}\text{Cl}(n, p)^{36}\text{S}$ от энергии нейтронов

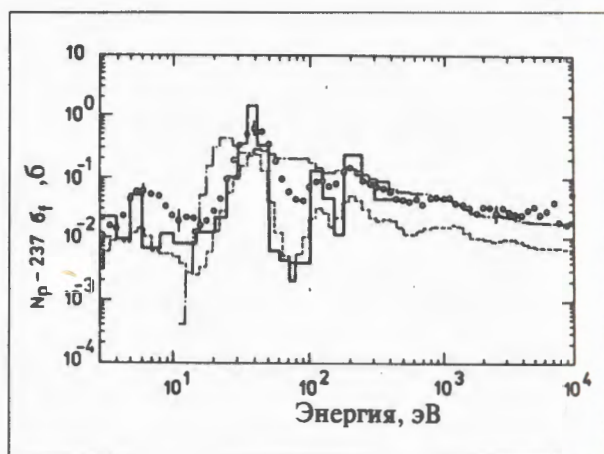


Рис. 11. Сравнение сечений деления σ_f для ^{237}Np , измеренных в Сахле (пунктирная линия), на нейтронах подземного взрыва (штрихпунктирная линия), на свинцовом кубе Университета Киото (черные точки) и в ЛНФ (сплошная линия)

ностей в теоретическом описании S-процесса нуклеосинтеза.

Проведены первые совместные измерения (n, α) -реакции на источнике нейтронов в Карлсруэ с радиоактивным образцом ^{36}S , подготовленным в Дубне, с целью решения давней проблемы неопределенности в скорости нуклеосинтеза, связанной с этим изотопом серы.

На спектрометре ИБР-30 завершены измерения и анализ сечения деления нейтронами изотопа ^{237}Np , важного в задаче трансмутации минорных актинидов. Полученные результаты позволили устранить существовавшее ранее противоречие между данными разных групп (рис.11).

Выполнение отмеченных выше работ оказалось возможным благодаря грантам РФФИ, вкла-

ду коллаборантов из Польши, Чехии, Словакии, США и Нидерландов.

Теоретические исследования. Показано, что мезонные (π , ρ и ω) степени свободы существенны для описания ядерного вещества, особенно при большой плотности и температуре. Исследован [28] плотный газ при температуре $T \approx (1+2) m_\pi$. Изменение спектра пионов в таком газе по сравнению со спектром свободных пионов состоит в замене массы m_π эффективной массой $m_\pi(T)$, растущей с температурой. Основные термодинамические величины системы уменьшаются по сравнению с идеальным пионным газом.

Оригинальный метод [29] решения многочастичной задачи применен для исследования системы трех нейтронов. Обнаружено и объяснено явление возникновения искусственных резонансов как нефизических решений, обусловленных ограничением области рассматриваемого пространства. Этим ставится под сомнение полученный ранее вывод о существовании трехнейтронного резонанса.

ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Активационный анализ. Завершена методическая работа по использованию мхов и хвой сосны для биомониторинга атмосферных выпадений с помощью инструментального нейтронного активационного анализа [35,36]. Использование рекордного потока резонансных нейтронов от реактора ИБР-2 позволило расширить число определяемых элементов до 40 (например, в Норвегии определяется 20 элементов). Надежно определяются металлы от ванадия до урана, включая РЗЭ, а также ряд неметаллических элементов. В 1993 году эта методика была использована для изучения распределения атмосферных выпадений в ряде точек Норвегии и в 20 точках Кольского полуострова. В последнем случае были прослежены выпадения, в том числе никеля, от никелевых заводов на расстоянии до 300 — 500 км. Работа проводилась совместно с Университетом в Тронхейме и Институтом проблем экологии Севера РАН.

В коллаборации с Институтом литосферы Земли РАН были проведены комплексные исследования по загрязнению тяжелыми металлами и РЗЭ бассейна Верхней Волги и Оки. Для мониторинга использовались вода, донные осадки и т.д. Выявлен ряд аномалий по загрязнению, в частности, один из притоков Оки сильно загрязнен цирконием.

Нейтронная радиография. Проведены исследования переноса ионов гадолиния по микро-

Предложена и проверена [30] расчетами идея резонансного усиления сечений реакций передачи нейтронов (типа $(p-\mu) + {}^{10}\text{Be} \rightarrow (t-\mu) + {}^8\text{Be}$) ядрам, входящим в состав мезомолекул.

С помощью оригинального микроскопического метода описания кластерной радиоактивности сделаны подробные расчеты [31,32] вероятности эмиссии ядер углерода, кислорода и неона для области дочерних ядер вблизи дважды магического ядра ${}^{100}\text{Sn}_{50}$. Полученные теоретические предсказания [31,32], отличающиеся от ранее сделанных на шесть и более порядков, подтверждены измерениями, проведенными в ЛЯР ОИЯИ.

Теоретическое исследование [33,34] эффектов структуры начальных и конечных ядер в кластерном распаде указывает на их более сложную природу, чем в аналогичном по механизму α -распаде. В частности, факторы запрета кластерной радиоактивности не могут быть объяснены только при учете синглетного спаривания нуклонов.

трещинам в бетонах. Полученные результаты позволили сделать вывод о том, что на пучке №11 реактора ИБР-2 возможно использование метода динамической радиографии для изучения переноса ионов гадолиния, кадмия, аналогов кальция, калия и натрия, а также хлора. Эти работы выполнялись совместно с Институтом неразрушающих методов контроля (Саарбрюккен). В 1994 г. планируется совместно создать установку для динамической радиографии.

Нейтронное легирование кремния. В 1993 г. завершены проектирование, изготовление и монтаж установки для промышленного (до 1500 кг) легирования монокристаллов кремния (максимальные размеры слитка $\varnothing 127 \times 370$ мм) на пучке №3 реактора ИБР-2, начаты пусконаладочные работы. Проведены пробные сеансы облучения образцов кремния при мощности реактора 100 кВт с целью определения эксплуатационных параметров установки.

Радиационная стойкость материалов. По предложению физиков из ЛСВЭ, ЦЕРН и ФРГ на реакторе ИБР-2 начаты исследования радиационной стойкости различных детекторов и электронных систем, разрабатываемых для экспериментов на новых мощных адронных коллайдерах. Облучения электронной аппаратуры на основе GaAs, включавшей 20 низкошумящих предусилителей и формирователей, показали, что

характеристики аппаратуры начинают изменяться при наборе флюенса 10^{14} н/см² и аппаратура

оказывается полностью неработоспособной после получения флюенса 10^{15} н/см².

БАЗОВЫЕ УСТАНОВКИ

ИМПУЛЬСНЫЙ РЕАКТОР ИБР-2

В 1993 г. ИБР-2 проработал на физический эксперимент 2348 часов из плановых 2500 часов. С начала энергетического пуска реактора (конец 1980 г.) до 01.01.1994 на физический эксперимент наработано 26038 часов. Общее количество сраба-

тываний аварийной защиты за этот период составило 318, из них непредвиденных — 307.

Для нейтронов с энергией $E > 0,1$ МэВ плотность потока нейтронов на стенку корпуса реактора при мощности 2 МВт составляет $1,3 \cdot 10^{14}$ н/см²·с. При указанной выше наработке флюенс нейтронов на корпусе реактора к 01.01.94 достиг $1,22 \cdot 10^{22}$ н/см².

Активная зона. Длительная эксплуатация реактора привела к частичному выгоранию топлива и соответствующему понижению оперативного запаса реактивности. С 19 по 23 июля 1993 г. сделана первая догрузка активной зоны реактора. Из зоны была извлечена кассета-имитатор (без топлива) и установлена для длительного хранения в спецхранилище реактора. На ее место поставлена тепловыделяющая сборка (ТВС) со свежим топливом из двуокиси плутония. Проведенные после догрузки измерения показали, что запас реактивности повысился на величину, достаточную для обеспечения плановой энерговыработки в течение 6 календарных лет при работе реактора в прежнем рабочем режиме.

Догрузка активной зоны как работа, относящаяся к разряду ядерно-опасных, осуществлена с соблюдением комплекса необходимых организационно-технических мер ядерной и радиационной безопасности. По окончании перегрузочных работ на реакторе была проведена очередная комиссия проверка состояния ядерной, радиационной и технической безопасности со стороны Госатомнадзора России, при этом не было зафиксировано каких-либо отклонений и нарушений от установленных пределов безопасной эксплуатации.

Подвижный отражатель. С октября 1987 г. на реакторе работает второй подвижный отражатель ПО-2, который заменил на штатном месте первый подвижный отражатель ПО-1, отработавший 13211 часов с момента пуска реактора. Разрешенный ресурс работы ПО-2 — 19000 часов. К 01.01.94 наработка ПО-2 составила 18791 часов. В связи с выработкой ресурса ПО-2 в 1994 г. будет произведена его замена на новый подвижный (резервный) отражатель ПО-2Р. Новая машина ПО-2Р — полный аналог существующей с более развитой системой контроля за положением вращающихся роторов.



Регламентные работы по догрузке активной зоны реактора ИБР-2

В 1993 г. изготовление ПО-2Р в основном завершено, ведется поузловая сборка и доработка. Выполнена балансировка роторов. Темп работ по ПО-2Р как в 1992 г., так и в 1993 г. сдерживался из-за недостаточного финансирования.

Автоматизированная система измерений и управления ИБР-2. В соответствии с проектом система состоит из трех подсистем: 1) контроль технологических параметров (T); 2) контроль состояния реактора и отражателя (R); 3) формирование аварийных и управляющих сигналов (L).

Поставка и монтаж измерительной аппаратуры подсистемы T были осуществлены в 1991 г. В течение двух лет подсистема находилась в работе. Периодический контроль характеристик показал, что она работает стабильно.

В 1992 г. получена аппаратура подсистемы R , выполнен ее монтаж на рабочем месте, проведено опробование с подключением реальных сигналов. В 1993 г. произведена доработка программного обеспечения с целью уменьшения временных задержек при формировании сигналов на сброс аварийной защиты. В настоящее время характеристики системы соответствуют техническому заданию. В 1994 г. измерительные каналы подсистемы R должны быть опробованы при обкатке нового подвижного отражателя на стенде.

По подсистеме L в 1993 г. завершены проектные работы и изготовлено оборудование. В 1994 г. должны быть проведены работы по наладке. Работы в значительной мере сдерживались недостаточностью финансирования.

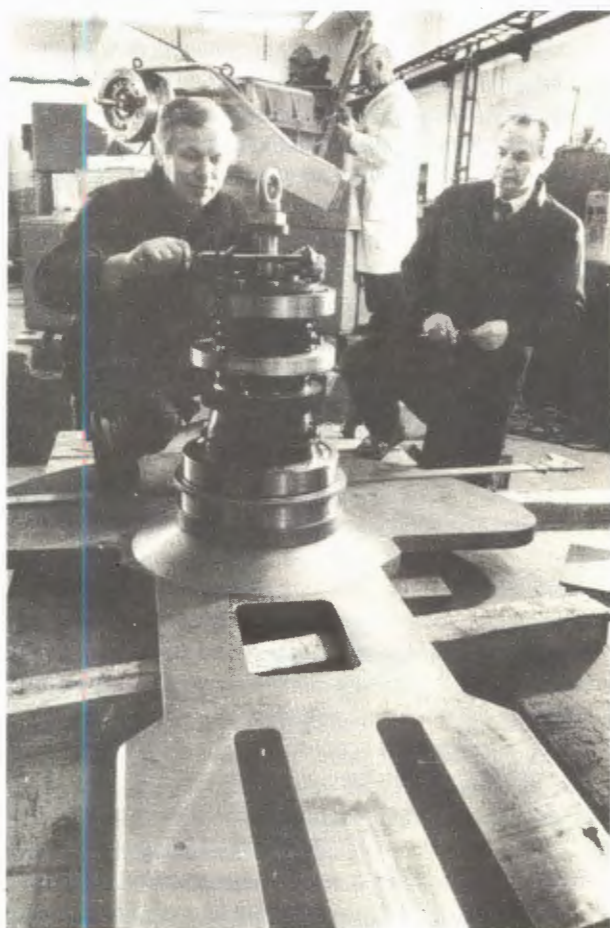
Криогенный замедлитель (КЗ). Как сообщалось в отчете за 1992 г., в конце 1992 г. осуществлен физический пуск замедлителя на основе твердого метана. Было достигнуто существенное увеличение потока холодных нейтронов от КЗ по сравнению со штатным водяным замедлителем при комнатной температуре.

В 1993 г. продолжались работы по освоению замедлителя. Главными из них были исследования поведения твердого метана под облучением в условиях, близких к условиям работы криогенного метанового замедлителя при мощности 2 МВт в течение длительного времени. Целью работы было получение следующих количественных характеристик: степени набухания метана под облучением, скорости накопления и выведения радиолитического водорода, скорости реакций радикалов.

На специально созданной установке УРАМ были получены следующие результаты:

— Радиационного набухания метана в интервале температур 20—60 К при облучении длительностью до 4 суток не наблюдалось.

— Наблюдена сильная температурная зависимость кинетики выхода водорода из метана.



Монтаж нового модулятора реактивности для реактора ИБР-2

При $T < 50$ К диффузия водорода была незначительна. При $T > 55$ К скорость диффузии была настолько высока, что при отогревах метана, которые продолжались около 10 мин., радиолитический водород успевал выйти из метана до того, как метан плавился.

— Спонтанная быстрая реакция рекомбинации радикалов (РРР) в условиях эксперимента УРАМ не наблюдалась. РРР инициировалась при достаточно быстром нагреве охлаждающего гелия на 3—5 К, если перед этим облучение продолжалось не менее 4 часов.

На основе анализа данных физического пуска и исследований на установке УРАМ разработана программа испытания КЗ при мощности реактора до 2 МВт. По результатам испытаний КЗ будут выбраны оптимальные режимы его работы.

НЕЙТРОННЫЙ БУСТЕР ИБР-30 + ЛУЭ-40

В 1993 г. бустер проработал на физический эксперимент в штатном режиме 10 циклов общей длительностью 2480 часов.

В конце 1992 г. установка ИБР-30 была передана под контроль Госатомнадзора России. В связи с введением новых нормативно-технических документов в течение 1993 г. проделана большая работа по приведению бустера в соответствие с новыми требованиями по безопасной эксплуатации.

Финансирование ИБР-30 осуществлялось из внебюджетных поступлений в Научное хозяйственное подразделение «Реактор ИБР-30».

ИМПУЛЬСНЫЙ ИСТОЧНИК РЕЗОНАНСНЫХ НЕЙТРОНОВ ИРЕН

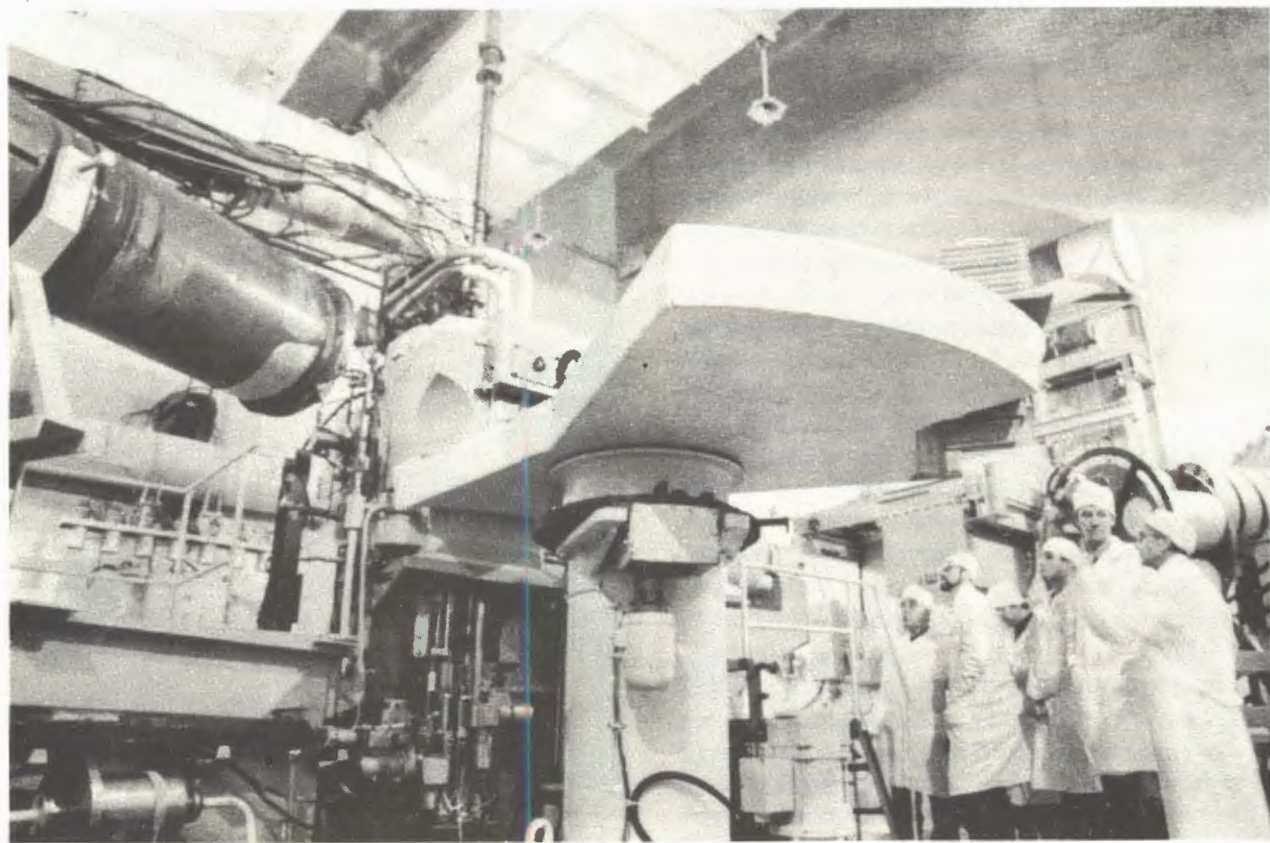
В марте 1993 г. Комитет Полномочных Представителей ОИЯИ принял решение о создании нового импульсного источника резонансных нейтронов (ИРЕН) в ЛНФ. Этому решению предшествовала большая подготовительная работа по выбору наиболее перспективного источника вместо бустера ИБР-30. Были определены проектные параметры двух основных систем установки — ускорителя электронов и размножающей мишени.

В 1993 г. в Институте ядерной физики СО РАН (Новосибирск) выполнен большой объем работ по созданию рабочего проекта ускорителя электронов. В связи с близким завершением

проектирования было проведено детальное распределение работ по созданию линака между ИЯФ и ОИЯИ, причем около 20% нормо-часов высокой технологии будет осваиваться в Новосибирске, а остальные — в Дубне. Идет подготовка к подписанию финансового договора на проведение работ в ИЯИ.

Налажено тесное взаимодействие со Стэнфордским университетом (США) по вопросам сооружения линака. В проекте ИРЕН в качестве источников СВЧ-мощности будут использоваться самые современные и самые мощные в мире клистроны, изготавливаемые в Стэнфорде. Подготовлено и подписано соответствующее соглашение между Департаментом энергии (USDOE) и ОИЯИ. Получено разрешение и выработана программа действий по вопросу поставки клистронов и комплектов оборудования к ним. Первый клистрон и оборудование к нему оплачены ОИЯИ.

В лаборатории образован новый научно-экспериментальный отдел, задачей которого является реализация проекта ИРЕН. С целью сокращения сроков проектирования и сооружения и уменьшения затрат на реализацию образована кооперация между ЛНФ и некоторыми лабораториями ОИЯИ. В ЛЯП проводятся разработка и проектирование фокусирующей системы линака и канала транспортировки пучка на мишень.



Проектные работы по созданию источника резонансных нейтронов (ИРЕН) на базе уран-плутониевого бустера ИБР-30

Здесь же ведется общая компоновка линака в существующем здании. К разработке электронного источника для линака подключены сотрудники ЛВЭ и ЛЯП. К настоящему времени завершен вариант вертикальной компоновки электронного источника и высоковольтного питания для него. В новом отделе ведутся работы по разработке модуляторов для американских клистронов. Одновременно силами отдела начаты проектные и экспериментальные работы по выбору элементов системы диагностики пучка линака.

Заключен договор с НИКИЭТ (Москва) на разработку технического проекта мишенного

комплекса установки ИРЕН. С ПКНЦ «Реконструкция» (Москва) заключен договор на расчетно-техническое обоснование размножающей мишени, однако из-за несвоевременной выплаты аванса по договору со стороны ОИЯИ выполнение договора задержано на полгода. Соответственно, это сдвинуло выполнение работ в НИКИЭТ. С ГСПИ (Москва) заключен договор на создание рабочего проекта ИРЕН, включающего демонтаж бустера ИБР-30 и размещение узлов нового ускорителя электронов и мишени размножителя нейтронов в существующих помещениях. В настоящий момент ведутся проектные работы в тесном сотрудничестве с ЛНФ.

ИЗМЕРИТЕЛЬНО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС

В 1993 г. была выведена из эксплуатации PDP 11/70, прослужившая ЛНФ 12 лет. Введение в эксплуатацию пяти SPARCstation-2 и двух SPARCserver-2 позволило увеличить вычислительные возможности ЛНФ, создать новую систему архивизации (свыше 6 Гбайт дискового пространства, сменные М.О. диски, магнитные ленты типа Exabyte) и обработки экспериментальных данных.

Компьютерная сеть. Продолжалось развитие инфраструктуры сети Ethernet. Созданы три новых сегмента в помещениях реактора ИБР-2: один в экспериментальном зале №1 и два в корпусе управления реактора. В настоящее время компьютерная сеть ЛНФ объединяет свыше 100 персональных ЭВМ и ЭВМ физических установок, пять SPARCstation-2, два SPARCserver-2, две микроЭВМ VAX-II и четыре станции VME.

Измерительные системы физических установок. В 1993 г. проводились работы по созданию аппаратуры и программного обеспечения для измерительных систем физических установок на реакторах ИБР-2 и ИБР-30, в том числе и в стандарте VME.

На дифрактометре ФДВР совершенствовалась электронная аппаратура многоканального Li-детектора. Создана аппаратура для 90°-го де-

тектора. Успешно проведены испытания макета RTOF-коррелятора на основе цифровых сигнальных процессоров. Разработано и сдано в эксплуатацию программное обеспечение для системы накопления в стандарте BITBUS. Доработано программное обеспечение для управления рефрижератором установки ФДВР.

Создан и запущен в эксплуатацию измерительный модуль дифрактометра ДН-12. На установке НСВР проведены первые измерения на измерительном модуле, выполненном в стандарте VME. Создана и запущена в эксплуатацию многомерная система ПИМ (передвижной измерительный модуль). Создана первая очередь измерительно-накопительной системы установки УГРА. Проведены доукомплектование аппаратурой и модернизация физических установок НЕРА-ПР и КДСОГ.

Электронная аппаратура. Разработаны и созданы новые электронные блоки в стандартах VME и КАМАК: интерфейс КАМАК-VME на базе крейт-контроллера КК 009 и программное обеспечение к интерфейсу; блок инкрементной памяти на 2 Мбайт (24; 16) в стандарте VME; блок высокого напряжения на 5 кВ в стандарте КАМАК; блок кодирования временных спектров на 16 детекторных входов в стандарте КАМАК.

ЛИТЕРАТУРА

1. Beskrovnyi A.I. et al. — *Physica C*, 1993, vol.206, p.27.
2. Balagurov A.M. et al. — Accepted in «Physica C».
3. Aldica A. et al. — *Journal of Supercond.*, 1993, vol.6, p.273.
4. Благовещенский Н.М. и др. — *Письма в ЖЭТФ*, 1993, т.57, с.414.
5. Данилкин С.А. и др. — *Препринт ФЭИ-2334*, Обнинск, 1993.

6. Natkaniec I. et al. — *Proc. International Collaboration on Advanced Neutron Sources ICANS XII, RAL, Abingdon, 1993 (to be published)*.
7. Natkaniec I. et al. — *XX International Conference on Low Temperature Physics, Eugene, Oregon, 1993; Physica B (to be published)*.
8. Kolesnikov A.I. et al. — *J.Phys.: Condens. Matter, 1994, vol.6, p.375*.
9. Aksenov V.L. et al. — *Proc. of the VI Trilateral Seminar on HTSC, Dubna (14—18 September, 1993) (to be published)*.
10. Chernenko L.P. et al. — *3rd European Workshop on Modern Developments and Applications in Microbeam Analysis, Rimini (Italy), 9—13 May 1993. Accepted in «Microchimica Acta»*.
11. Balagurov A.M. et al. — *JINR Comm. E14-93-333, Dubna, 1993*.
12. Aksenov V.L., Korneev D.A., Chernenko L.P. — *JINR Comm. E3-93-215, Dubna, 1993*.
13. Aksenov V.L., Kabanov V.V. — *JINR Comm. E17-93-229, Dubna, 1993 (to be published in «Phys.Rev.B»)*.
14. Дедю В.И. и др. — *ЖЭТФ, 1993, т.103, с.1662*.
15. Dediu V.I., Kabanov V.V., Sidorenko A.S. — *Accepted in «Phys.Rev.»*.
16. Kornilov E.I. — *Communication ICTP, IC/93/382, Trieste, 1993*.
17. Kornilov E.I., Pomjakushin V. Yu. — *Communication ICTP, IC/93/384, Trieste, 1993*.
18. Kornilov E.I. — *Accepted in «Physica B»*.
19. Sergeenkov S.A. — *Subm. to «Europhys.Lett.»*.
20. Barabanov A.L., Sharapov E.I., Skoy V.R. — *In: Abstract Booklet of 8-th Int. Symp. on Capture γ -Ray Spectroscopy and Related Topics. Fribourg, Switzerland, 20—24 Sept. 1993, p.78*.
21. Barabanov A.L. et al. — *Phys.Rev.Lett., 1993, vol.70, p.1216*.
22. Alfimenkov V.P. et al. — *In: Time Reversal Invariance and Parity Violation in Neutron Reactions (May 4—7, 1993, Dubna, Russia). Ed. by Gould C.R., Bowman J.D. and Popov Yu.P. World Scientific, Singapore, 1993 (to be published)*.
23. Покотилловский Ю.Н., Тахтамышев Г.Г. — *ЯФ, 1993, т.56(4), с.184*.
24. Васильева Э.В. и др. — *Изв. РАН, сер.физ., 1993, т.57, вып.9, с.118*.
25. Gledenov Yu.M. et al. — *In: Abstract Booklet of 8-th Int. Symp. on Capture γ -Ray Spectroscopy and Related Topics. Fribourg, Switzerland, 20—24 Sept. 1993, p.204*.
26. Koehler P.E. et al. — *In: Abstract Booklet of 8-th Int. Symp. on Capture γ -Ray Spectroscopy and Related Topics. Fribourg, Switzerland, 20—24 Sept. 1993, p.65*.
27. Koehler P.E. et al. — *Phys.Rev., 1993, vol.C47, No.5, p.2107*.
28. Bunatian G.G., Kampfer B. — *FZR Preprint 93-28, Drezden, 1993 (sumb. to «Phys.Lett.»)*.
29. Pupyshov V.V., Rakityansky S.A. — *JINR, E4-93-27, Dubna, 1993; ЯФ, 1993, т.56, с.46*.
30. Belyaev V.B. et al. — *In: Proc. of 14th European Conf. on Few Body Problems in Physics. Amsterdam, 1993, p.76*.
31. Кадменский С.Г. и др. — *Изв. РАН, сер.физ., 1993, т.57, 1, с.12*.
32. Furman W., Kadmsky S., Tchuvilsky Yu. — *In: Proc. 2nd Int. Conf. on Atomic and Nucl. Clusters'93. Santorini, Greece, June 28—July 2, 1993, p.44*.
33. Furman W.I., Kadmsky S.G., Tchuvilsky Yu.M. — *In: Proc. 2nd Int. Conf. on Atomic and Nucl. Clusters'93. Santorini, Greece, June 28—July 2, 1993, p.45*.
34. Кадменский С.Г. и др. — *ЯФ, 1993, т.56, вып.8, с.80*.
35. Nazarov V.M. et al. — *Int. Conf. Nuclear Analytical Methods in the Life Sciences, 13—17 Sept. 1993, Prague, Czech Republic, p.18*.
36. Frontasyeva M.V., Nazarov V.M., Steinnes E. — *In: Int. Conf. Heavy Metals in the Environment. Sept. 1993, Toronto, Canada, vol.2, p.17*.

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И АВТОМАТИЗАЦИИ

В соответствии с решениями 73 сессии Ученого совета ОИЯИ в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации выполнены работы по развитию и эффективному использованию информационно-вычислительной инфраструктуры Института. Созданы новые и модернизированы имевшиеся пакеты системных и прикладных

программ для ЭВМ различных уровней. Разработаны математические методы, алгоритмы и созданы комплексы программ обработки физической информации, моделирования физических установок и анализа экспериментальных данных. Выполнены заказы физических групп по обработке камерных снимков.

РАЗВИТИЕ ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ИНСТИТУТА

СРЕДСТВА ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ, РАЗВИТИЕ БАЗОВЫХ ЭВМ

В составе центрального вычислительного комплекса введены в эксплуатацию ЭВМ CONVEX-C120 и три рабочие станции типа SUN Sparc.

Машина ЕС 1061 выведена из эксплуатации. На основе ЭВМ CONVEX-C120, SUN SPARC STATION II и μ VAX II создан рас-

пределенный UNIX-сервер. Основная задача этого сервера: обеспечение на базе единого интерфейса в среде UNIX пользователей локальной сети Объединенного института вычислительным, программным и файловым сервисом.

Проведена частичная модернизация общепланетарных компьютерных сетей JINET и ETERNET за счет подключения дополнительных машин, в том числе ЭВМ CONVEX, нескольких



Дирекция ЛВТА: кандидат физико-математических наук В.В.Кореньков, профессор Р.Позе, профессор И.В.Пузынин

десятков персональных компьютеров и рабочих станций.

Начал функционировать выделенный канал компьютерной связи на Москву с пропускной способностью до 19,2 Кбит/с. Канал работает по международному протоколу TCP/IP и предоставляет средства удаленного входа в ЭВМ (в том числе и зарубежные), обмена электронной почтой, материалами телеконференций, файлами данных и программами.

Проведены тестовые сеансы для спутникового канала, выделенного объединением INTELSAT для связи сетей ОИЯИ с узлом сети HEPI NET в INFN (Италия) [1].

В соответствии с проектами создания информационной инфраструктуры ОИЯИ для пользователей локальной сети ARCNET реализована возможность выхода на ЭВМ ЦВК, созданы базы данных учетной и нормативно-справочной информации на магнитных носителях. В научно-технической библиотеке на базе персональных компьютеров созданы рабочие места, обеспечивающие работу поисковой системы INIS; база данных библиографической информации охватывает период поступлений книг, статей и препринтов, начиная с 1987 года.

Ежеквартально производится пополнение базы данных физики частиц PPDS.

СИСТЕМНОЕ И ПРИКЛАДНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭВМ

Получили развитие библиотеки программ общего назначения на ЭВМ типа VAX, ЕС, CONVEX и PC. Выполнены работы по внедрению 15-й версии библиотеки NAG на ЕС ЭВМ, адаптированы и внедрены библиотека «Дубна» на ЭВМ CONVEX и библиотеки ЦЕРН (версии 92в, 93с, 93d) на ЕС, VAX и PC ЭВМ.

Пополнились новыми программами библиотеки CPC.

Разработана и введена в эксплуатацию программная надстройка над операционной системой VAX VMS для взаимодействия в режиме меню с ЭВМ VAX. Освоена работа с русско-латинскими текстами, а также системонезависимый экраный редактор текстов для ЭВМ VAX, SUN и микро-VAX с операционной системой ULTRIX [2].

КОМПЛЕКС РАБОЧИХ И ГРАФИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

На комплексе рабочих станций КОНТРАСТ-СИНС с сотрудниками других лабораторий проводились научно-исследовательские работы по программному обеспечению ряда экспериментов (ФОБОС, ВАСИЛИСА, ГНС, DISTO, МЧС, SDC,



Зал ЭВМ CONVEX



Адаптация программного обеспечения ЦЕРН для UNIX-машин ОИЯИ

CMS). В ходе их проведения выполнено моделирование физических процессов и экспериментальных установок; созданы алгоритмы для обработки экспериментальных данных и системы их анализа с использованием средств машинной графики; разработано программное обеспечение для систем сбора информации и контроля за ходом эксперимента.

Совместно с сотрудниками ЛЯР разработана многооконная диалоговая оболочка системы обработки данных с установки ВАСИЛИСА в среде RAW.

Для автоматизации физических экспериментов, выполняемых с использованием кинематического сепаратора ядер отдачи ВАСИЛИСА, создана система управления базой данных. Широкий спектр возможностей, заложенных в систему, де-

лает возможным ее применение и в других экспериментах в области низких энергий. Это система замкнутого типа с трехуровневой архитектурой, ориентированная на абстрактный тип данных [3].

Для установки ФОБОС интерактивная программа обработки данных ATHENE была переведена с языка RM-FORTRAN на NDP-FORTRAN, что позволило существенно улучшить ее характеристики.

Предложены новые переменные, позволяющие проводить эффективную селекцию событий, содержащих вторичную вершину. Их применение не требует проведения полной геометрической реконструкции события с целью поиска первичной и вторичной вершин. Использование нейронной сети для классификации событий в пространстве этих переменных делает идентификацию сигнальных и фоновых событий практически однозначной [4].

ЭКСПЛУАТАЦИЯ БАЗОВЫХ ЭЛЕКТРОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН И ПРОСМОТРОВО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ АППАРАТУРЫ

Завершено методическое исследование системы измерений снимков спектрометра МИС-2 на автомате HPD.

За 1993 год на HPD измерено 43,5 тыс. событий с установок УПК и МИС-2. На полуавтоматической системе ПУОС — САМЕТ измерено 355,9 тыс. треков с установок ГИБС, СВД и СФЕРА.

Таблица использования базовых ЭВМ подразделениями Института (в часах)

	ЛВТА	ЛЯП	ЛТФ	ЛВЭ	ЛСВЭ	ЛЯР	ЛНФ	Прочие	Всего
Комплекс ЕС ЭВМ (ЕС-1066А,В; ЕС-1037А,В)	4182	2537	146	1276	8416	188	12	21	16778
VAX-8350-кластер	738	3717+1301*	540	3371	1468	134	115	1008	12392
СВС-6500	418	12	385	1155	547	80	108	175	2880

* Время эксперимента DELPHI

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Большое внимание в 1993 году было уделено вопросам повышения эффективности систем обработки экспериментальных данных. Работы в этой области велись по следующим направлениям:

- создание распределенных систем обработки экспериментальных данных;
- адаптация традиционных систем математической обработки данных к возможностям более мощных ЭВМ и повышение уровня автоматизации;

— внедрение эффективных методов и технологий обработки экспериментальных данных физики высоких энергий в экспериментальные исследования по физике низких и промежуточных энергий;

— разработка новых алгоритмов и создание на их основе программ для применения нейронных сетей и клеточных автоматов при поиске и анализе событий в электронных экспериментах.

Для экспериментов на установке ЭКСЧАРМ создана система массовой обработки данных с производительностью $2 \cdot 10^6$ триггеров в неделю на базе комплекса ЕС ЭВМ, устройств накопления данных Exabyte-8500 и персонального компьютера типа IBM, что позволило в сжатые сроки провести обработку данных, полученных в эксперименте.

При реализации программы исследований взаимодействий малонуклонных систем автоматизирована достаточно громоздкая система математической обработки экспериментов с фильмовым съемом информации, что привело к существенному ускорению получения результатов [5]. Предложены и реализованы различные алгоритмы восстановления импульсов вторичных заряженных частиц, регистрируемых магнитным спектрометром МАСПИК [6].

Пространственное восстановление треков является важной частью обработки данных в физике высоких энергий. Одна из главных нерешенных проблем появляется на стадии объединения Z-координат с XY-треками (проблема Z-идентификаций). Для ее решения предложено использовать информацию о полном наведенном заряде в дополнение к известным стандартным методам. На основе этой информации сконструированы новые эффективные алгоритмы восстановления Z-координаты. Эти алгоритмы протестированы на реальных $\mu \rightarrow 3e^-$ и $\pi \rightarrow 3e^-$ -событиях, полученных на установке АРЕС [7].

Создана робастная роторная модель нейронной сети для обработки данных, полученных при моделировании работы спектрометра АРЕС. Проведены исследования по оценке поведения построенной модели в случае большой множественности треков в событиях и высоком уровне шумов [8,9].

РАЗРАБОТКА ПРИКЛАДНЫХ МЕТОДОВ ВЫЧИСЛЕНИЙ

Разработан метод расчета магнитных систем с мультипольной симметрией в рамках интегральной постановки. Путем разложения поля в гармонический ряд по азимуту исходное трехмерное

Рассмотрены методы 1-го и 2-го порядка для обучения многослойной нейронной сети «feed-forward» типа. Предложен алгоритм на основе обобщения метода Ньютона и проведено его сравнение с обычным методом «back-propagation». Показано, что предложенный алгоритм обеспечивает более высокое качество обучения [10].

Проведен сравнительный анализ мощностей многомерных классификаторов на основе интегральных непараметрических критериев согласия и многослойных перцептронов для случаев, когда анализируемые распределения представляют собой одновременные измерения одних и тех же физических величин несколькими детекторами экспериментальной установки. С помощью численного эксперимента показано, что многослойный перцептрон обеспечивает мощность, близкую к предельной, если идентификация событий проводится в пространстве эффективных переменных [11].

Предложен быстрый, устойчивый к измерительным ошибкам и фону рекуррентный алгоритм, реализующий семейство цифровых адаптивных фильтров, с известными весовыми функциями — проективными инвариантами. Слежение по линейному или квадратичному участку трека ведется на основе МНК и с использованием информационной обратной связи. Основанные на фундаментальных принципах адаптивные проективные фильтры могут применяться в адекватных системах управления процессами сбора, обработки и сжатия данных, в том числе при решении трековых задач для широкого класса детекторов и на различных уровнях обработки событий [12].

Разработаны алгоритм и структура вычислительной среды на базе систолических матриц в однородной вычислительной среде, реализующие конвейерную, быструю обработку трековой информации, снимаемой с детекторов экспериментальных установок. Предложенная система конвейерной обработки реализует полное распараллеливание вычислительного процесса в массиве однобитовых процессов и обеспечивает *pipelining* с тактом 25 нс и глубиной в 40 тактов в задачах триггирования (фильтрации) в реальном времени в системах сбора и обработки данных экспериментальной физики [13].

интегральное уравнение сводится к бесконечной системе двумерных интегральных уравнений. Исследованы вопросы существования и единственности решения задачи магнитостатики, а также



Обсуждение расчетов радиационных повреждений ВТСП-пленок

уклонения решения обрезанной системы уравнений от точного. Создан комплекс программ расчета мультипольных магнитных систем, реализующих предложенную методику [14].

Реализован комплекс программ для исследования двумерных и некоторого класса трехмерных магнитных систем на базе известных программ POISSON, RELAX3D и GFUN3D. В комплекс включены также система поддержки принятия решений (экспертная система) для оптимального выбора конфигураций магнитной системы, программа полиномиального представления компонент магнитного поля с целью использования для изучения динамики заряженных частиц и программа КОБРАМ — решение обратной задачи магнитостатики для некоторого класса безжелезных магнитных систем (двумерный случай). С помощью данного комплекса программ решен ряд важных практических задач по модернизации и усовершенствованию магнитных систем установок ЭКСЧАРМ, ГИПЕРОН и КРИОН-С [15].

Разработаны асимптотически оптимальные последовательные и параллельные алгоритмы решения класса эллиптических краевых задач на основе методов граничных элементов и декомпозиции области [16].

Получены новые приближенные формулы для вычисления кратных континуальных интегралов по гауссовым мерам в многочастичных за-

дачах квантовой физики. Исследована сходимость приближений к точному значению. Построена мера континуального интегрирования в двумерной евклидовой квантовой теории поля с полиномиальными взаимодействиями бозонных полей. Исследована связь континуальных интегралов с решениями некоторых параболических и эллиптических дифференциальных уравнений. Проведено численное исследование многочастичных моделей квантовой статистической механики (модель Калоджеро и др.). Выполнены расчеты энергии связи нуклонов в ядрах атомов дейтерия и трития [17,18].

Для преодоления трудностей, порождаемых неограниченностью энергии снизу в полевых теориях с высшими производными, предложено использовать механическую аналогию, а именно теорию Тимошенко поперечных изгибных колебаний балок и стержней. Это позволяет ввести понятие «механической» энергии для рассматриваемых полевых моделей, которая заведомо положительно определена. Такой подход может быть применен, по крайней мере, к таким полевым моделям, которые описывают эффективно протяженные локализованные решения в обычных полевых теориях первого порядка (вихревые или струнные решения в хиггсовских моделях и т.д.) [19].

Разработаны эффективные итерационные численные алгоритмы, сохраняющие вид исход-

ных матриц в процессе итераций, поиска на ЭВМ спектра и собственных (корневых) векторов трех-, пяти-, семидиагональных, блочно-трехдиагональных, хессенберговых и, следовательно, квадратных общего вида матриц произвольной структуры.

Получены и систематизированы множества представлений блочно-трехдиагональных матриц. Построены генераторы таких и им обратных матриц и для их ведущих угловых миноров. Создана теория генераторов прямых методов декомпозиционного типа численного решения систем линейных уравнений с блочно-трехдиагональными матрицами общего вида [20].

Продолжались работы по уточнению и дальнейшему развитию монте-карловской модели распространения высокоэнергетического излучения в различных гетерогенных средах со сложной геометрией. Учтено взаимодействие между каскадными частицами во внутриядерном каскаде, что существенно сказывается на результатах расчетов с пучками релятивистских ядер, когда число внутриядерных каскадных частиц велико. Сравнение с экспериментальными данными, полученными при взаимодействии ядерных пучков с фотоэмульсией, показало значительное улучшение согласия расчетов с опытом. Анализируются различные варианты электроядерного бридинга, в частности, при замене металлического теплоносителя на воду. По сравнению со свинцовым теплоносителем суммарный выход делящихся изотопов изменяется незначительно, в то время как резко сокращается число вылетающих из мишени нейтронов, а тепловыделение увеличивается примерно вдвое [21, 22].

Исследованы условия интегрируемости для многопараметрических семейств полиномиально-нелинейных эволюционных уравнений с произ-

вольными параметрами в качестве коэффициентов дифференциальных мономов. Эти условия необходимы для существования высших эволюционных симметрий и законов сохранения. Их проверка лежит в основе одного из наиболее эффективных критериев интегрируемости, который применим как для однокомпонентных, так и для многокомпонентных квазилинейных эволюционных уравнений с одной пространственной переменной. Показано, что условия интегрируемости, представляющие собой систему полиномиальных уравнений на произвольные параметры, в случае эволюционных уравнений однородного ранга обладают нетривиальными свойствами однородности [23].

Разработаны алгебраические алгоритмы и на их основе создан написанный на языке аналитических вычислений REDUCE пакет программ для исследования и упрощения систем нелинейных алгебраических уравнений общего вида. Этот пакет был использован для проверки изоморфизма конечномерных алгебр Ли, возникающих в различных задачах теоретической и математической физики [24].

Разработан новый подход к построению адиабатических уравнений, описывающих дискретный и непрерывный спектры мезомолекулярных систем посредством обобщения понятия эффективной массы [25].

Реализована новая итерационная схема с одновременным вычислением оператора, обратного к производной нелинейной функции, наиболее эффективная для векторных вычислительных систем. Программа, реализующая данную схему, успешно применяется для расчета характеристик кварков в моделях с различными типами потенциалов взаимодействия [26].

НАУЧНО-ПРИКЛАДНЫЕ РАБОТЫ

Исследованы влияния условий сбора света на параметры сцинтилляционных счетчиков. Проведены измерения характеристик счетчика с прямоугольным пластиком, окруженным поочередно воздухом, водой и парафиновым маслом, а также счетчика с пластиками в виде трапецевидных пластин с углами раstra боковых граней 5,6; 7,5 и 10°.

С целью изучения возможности использования микроканального ФЭУ-165-1 в системах измерения времени пролета частиц проведены измерения характеристик оснащенного этим ФЭУ сцинтилляционного счетчика размерами 580×50×25 мм. Испытан также ФЭУ-165-1 в качестве самостоятельного детектора минимально ионизирующих частиц [27].

ЛИТЕРАТУРА

1. Dolbilov A. et al. — In: *Proceeding of 4th Joint European Networking Conference — Trondheim, Norway, 1993*, pp.214-220.
2. Галактионов В.В. — ОИЯИ, P11-93-22, P11-93-23, P11-93-24, Дубна, 1993.
3. Андреев А.Н. и др. — ОИЯИ, P10-93-15, Дубна, 1993.
4. Иванов В.В., Понтекоров Д.Б. — ОИЯИ, P10-93-271, Дубна, 1993.
5. Первушов В.В. — ОИЯИ, P10-93-131, Дубна, 1993.
6. Бонюшкова А.Ю., Иванов В.В. — ОИЯИ, P10-93-125, Дубна, 1993.
7. Glazov A.A. et al. — JINR, E10-93-123, Dubna, 1993.
8. Chernov N. et al. — *Comp. Phys. Commun.*, 1993, 74, p.217.
9. Baginyan S. et al. — JINR, E10-93-86, Dubna, 1993.
10. Ivanov V.V. et al. — JINR, D11-93-317, Dubna, 1993.
11. Иванов В.В. — ОИЯИ, P10-93-348, Дубна, 1993.
12. Dikoussar N.D. — JINR, E5-93-314, Dubna, 1993.
13. Kotov V.M. et al. — JINR, E5-93-391, Dubna, 1993.
14. Акишин П.Г. — ОИЯИ, P11-93-91, Дубна, 1993.
15. Жидков Е.П. и др. — ОИЯИ, P11-93-256, Дубна, 1993.
16. Khoromskij D.N. et al. — JINR, E11-93-163, Dubna, 1993.
17. Жидков Е.П. и др. — *Краткие сообщения ОИЯИ*, №1[58]-93, Дубна, 1993, с.43.
18. Жидков Е.П., Лобанов Ю.Ю. — *Дифференциальные уравнения*, 1993, т.29, №9, с.1609.
19. Chervyakov A.M., Nesterenko V.V. — *Phys. Rev.* 1993, D48, No.10, p.2301.
20. Емельяненко Г.А., Рахмонов Т.Т. — ОИЯИ, P11-93-248, P11-93-249, P11-93-250, P11-93-265, P11-93-266, Дубна, 1993.
21. Сосний А.Н. и др. — ОИЯИ, P2-93-235, Дубна, 1993.
22. Барашенков В.С. и др. — ОИЯИ, P2-93-236, Дубна, 1993.
23. Gerdt V.P. — JINR, E5-93-182, Dubna, 1993.
24. Gerdt V.P. et al. — JINR, E11-93-468, Dubna, 1993.
25. Puzynin I.V. et al. — *J. Nucl. Phys.*, 1993, 56, 7, p.82.
26. Puzynin I.V. et al. — *JINR Rapid Communications* No.5[62]-93, Dubna, 1993, p. 63.
27. Игнатенко М.А., Столетов Г.Д. — ОИЯИ, P13-93-144, P13-93-185, Дубна, 1993.

УЧЕБНО-НАУЧНЫЙ ЦЕНТР ОИЯИ

Главная задача Учебно-научного центра МГУ и МИФИ при ОИЯИ — дальнейшее развитие учебного процесса на базе кафедр этих вузов. В 1993 году состоялись защиты дипломных работ первых выпускников УНЦ. В весеннем семестре 1993 года обучалось 98 студентов, в осеннем — 80. Выполнено 6 дипломных работ в Университете Далласа (США).

В рамках программы Международного университета на базе УНЦ были проведены Международные летние курсы по радиационной безопасности: «Радиационная безопасность: физические, медико-биологические и экологические аспекты. (Уроки Чернобыля)». Курсы привлекли большое внимание специалистов, а также студентов и аспирантов. К этому событию была приурочена выставка приборов для исследований в рассматривавшейся области ряда ведущих фирм. Слушатели посетили Нововоронежскую АЭС и постоянно действующую выставку аппаратуры Минатома в Москве.

Проведение Международных летних курсов способствовало расширению тематики обучения и возникновению новых международных контактов. После предварительных обсуждений прорабатываются документы по организации в Дубне кафедры ЮНЕСКО — МАГАТЭ «Радиационная безопасность» и регулярных курсов под эгидой МАГАТЭ по той же специализации. Осуществля-

ется сотрудничество с университетами США, ФРГ, будет продолжена летняя студенческая практика в ЦЕРН, поддерживаются контакты с Европейским физическим обществом и представительствам ЕС по вопросам обменов студентами-физиками.

В настоящее время УНЦ работает в областях: физики элементарных частиц — базовые лаборатории ОИЯИ: ЛВЭ, ЛСВЭ, ЛЯП; базовые кафедры: кафедра физики элементарных частиц МГУ, кафедры 7 и 40 МИФИ;

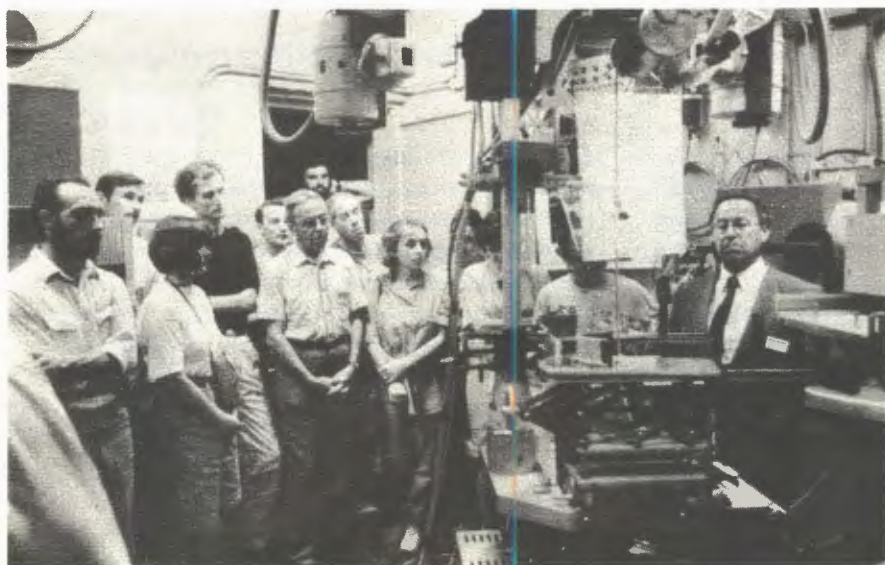
физики атомного ядра — базовые лаборатории ОИЯИ: ЛЯР, ЛНФ; базовые кафедры: кафедра физики атомного ядра МГУ, кафедра 11 МИФИ;

ядерных методов в физике конденсированных сред и высокотемпературной сверхпроводимости — базовая лаборатория ОИЯИ — ЛНФ; базовая кафедра — кафедра 25 МИФИ;

технической физики — базовые лаборатории ОИЯИ: ЛЯП, ЛСВЭ, ЛЯР; базовый факультет — факультет «А» МИФИ;

радиобиологии — базовая лаборатория — ЛЯП; базовая кафедра — кафедра 1 МИФИ.

В 1993 г. решением Ученого совета Московского физико-технического института в УНЦ открыта кафедра физики взаимодействия частиц высоких энергий.



Слушатели курсов «Уроки Чернобыля» в клинко-физическом комплексе ОИЯИ

**МЕЖДУНАРОДНЫЕ
СВЯЗИ
И НАУЧНОЕ
СОТРУДНИЧЕСТВО**



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

Основные итоги 1993 года по международному научно-техническому сотрудничеству Объединенного института ядерных исследований характеризуют следующие данные:

- проведены совместные исследования с научными центрами стран-участниц, а также международными и национальными организациями других стран по 29 темам первого приоритета и по 34 темам второго приоритета;

- для решения вопросов сотрудничества и участия в научных совещаниях и конференциях Объединенный институт командировал 1245 специалистов;

- для совместных работ и консультаций в ОИЯИ было принято 618 специалистов;

- более 1000 специалистов из стран-участниц, а также 510 из других стран приезжали в ОИЯИ для участия в совещаниях, конференциях, школах;

- организовано и проведено 20 научных и международных конференций, 18 рабочих и 16 научно-организационных совещаний;

- в лабораториях Института работали 16 стипендиатов.

Международное сотрудничество ОИЯИ характеризуется также соответствующими согла-

шениями и договорами о сотрудничестве, проведении совместных экспериментов на базовых установках физических центров, получением научных результатов, подготовкой общих публикаций, поставкой оборудования и технологий для заинтересованных сторон и многим другим.

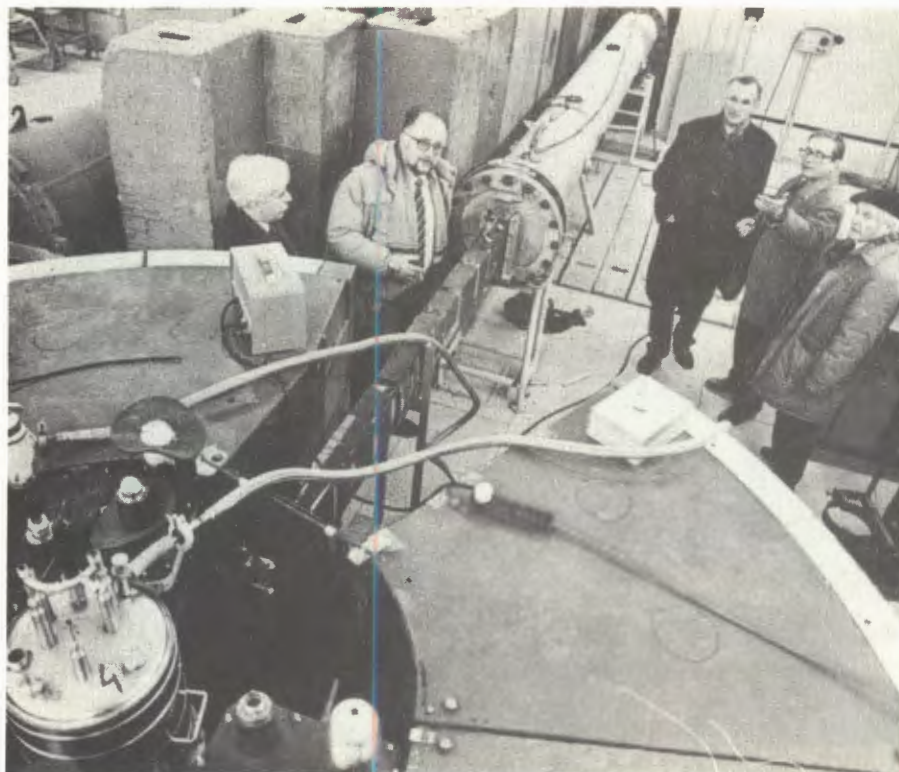
Комитет ЦЕРН по методическим исследованиям для LHC(DRDC) на своем заседании 30 марта 1993 г. утвердил предложение P-34 «A Silicon Hadron Calorimeter Module Operated in a Strong Magnetic Field with VLSI Read-Out for LHC» с участием большой группы сотрудников ОИЯИ. Это предложение ориентировано на существенное участие в проекте российской промышленности, поэтому при его рассмотрении проводились многочисленные экспертизы возможностей как ОИЯИ, так и различных предприятий. Утверждение предложения означает положительную реакцию экспертов и научной общественности ЦЕРН. В проекте участвуют, кроме специалистов ЦЕРН и ОИЯИ, группы ученых из институтов России, Белоруссии, Австрии, Италии, США.

22 марта ОИЯИ посетил президент Государственного агентства по атомной энергии Республики Польша Е.Неводничански. В дирекции



Дубна, 18 февраля. Подписание Соглашения между Объединенным институтом ядерных исследований и Венгерской академией наук

22 марта ОИЯИ посетил президент Государственного агентства по атомной энергии Республики Польша профессор Е.Неводничански. На снимке: польская делегация в Лаборатории нейтронной физики



Института он был принят членом-корреспондентом РАН В.Г.Кадышевским. Состоялась беседа о развитии сотрудничества ядерно-физических центров Польши с ОИЯИ. Гость посетил ЛВЭ, ЛНФ, ЛЯР.

12 апреля в Дубне находилась парламентско-правительственная делегация Российской Федерации во главе с академиком В.П.Шориным. Делегация осмотрела нуклотрон, циклотрон У-400М, ознакомилась с работами на установке ФОБОС. Состоялась беседа в дирекции ОИЯИ.

В апреле Объединенный институт ядерных исследований посетил председатель Комитета по использованию атомной энергии в мирных целях Республики Болгарии Я.Янев. Он встретился с дирекцией Института, ознакомился с основными направлениями научной деятельности ЛВЭ, ЛЯП, ЛЯР, ЛНФ.

10 июня ОИЯИ посетила делегация подготовительного комитета по образованию Международного научно-технического центра (МНТЦ). Центр создается в Москве на основе Соглашения

Объединенный институт посетил председатель Комитета по использованию атомной энергии в мирных целях Республики Болгарии Я.Янев. На снимке: директор Лаборатории высоких энергий академик А.М.Балдин знакомит Я.Янева с научными планами лаборатории

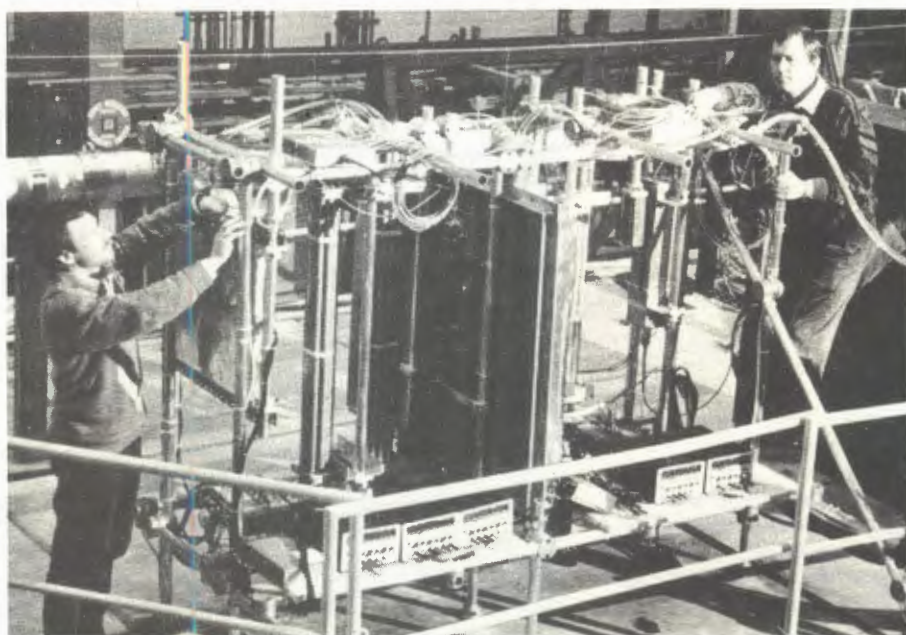




Состоялся визит в ОИЯИ лауреата Нобелевской премии профессора М.Шварца и профессора Д.Лоуенштейна из Брукхейвенской национальной лаборатории (США). На снимке: гости в Лаборатории сверхвысоких энергий

между Россией, США, Японией, а также Европейским сообществом по атомной энергии и Европейским экономическим сообществом. Главная цель создания МНТЦ — предотвращение распространения технологий изготовления оружия массового поражения, а также соответствующих знаний и опыта. Делегация присутствовала на заседании Ученого совета ОИЯИ, где председатель комитета профессор Г.Швейцер (США) рассказал о задачах МНТЦ и порядке взаимодействия с ним ученых и организаций.

1 июня в Дубне состоялась встреча дирекции Объединенного института ядерных исследований с министром Российской Федерации по атомной энергии профессором В.Н.Михайловым. Обсуждались вопросы развития и укрепления связей и сотрудничества. В.Н.Михайлов и директор ОИЯИ В.Г.Кадышевский подписали Генеральное соглашение между Минатомом России и ОИЯИ. Министр выразил удовлетворение уровнем работ, выполняемых в ОИЯИ, высказался в поддержку научных программ Института и со-



ЦЕРН. Специалисты ОИЯИ на испытательном стенде установки ATLAS

трудничества ученых ОИЯИ с мировыми научными центрами.

В августе Дубну посетила делегация Академии наук высшей школы. Гости встретились с дирекцией ОИЯИ, побывали в Лаборатории нейтронной физики, ознакомились с работой Учебно-научного центра. Между Академией наук высшей школы и Объединенным институтом ядерных исследований было подписано Соглашение о сотрудничестве в области научных исследований в высшей школе и о подготовке высококвалифицированных специалистов.

2 сентября в Дубне состоялась встреча директора ОИЯИ В.Г.Кадышевского и вице-директора А.Н.Сисакяна с Полномочным Представителем правительства Республики Армении в ОИЯИ академиком Г.А.Вартапетяном. Обсуждались вопросы научного сотрудничества, а также участия Армении в финансировании ОИЯИ.

В октябре с визитом в Объединенном институте ядерных исследований находились член дирекции Брукхейвенской национальной лаборатории, лауреат Нобелевской премии профессор М.Шварц и начальник отдела AGS БНЛ профессор Д.Лоуенстайн. В настоящее время две группы из Лаборатории высоких энергий и одна группа из Лаборатории сверхвысоких энергий ОИЯИ проявили интерес к программе исследований на сооружаемом в БНЛ комплексе релятивистского коллайдера тяжелых ионов (RHIC), а также на коллайдере поляризованных протонов. В программе исследований по спиновой физике на комплексе RHIC используются результаты, полученные в Лаборатории теоретической физики. В свою очередь, экспериментальные исследования механизмов, отвечающих за формирование спина протона, будут способствовать дальнейшему развитию исследований по структуре нуклона в ЛТФ.

НАУЧНЫЕ СОВЕЩАНИЯ

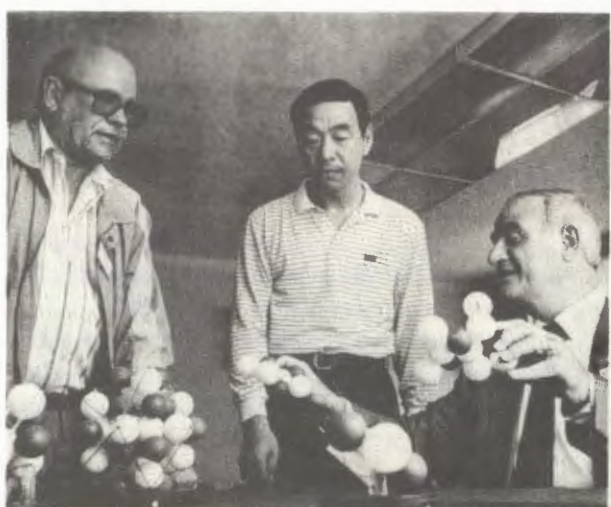
В 1993 году ОИЯИ организовал и провел восемь крупных международных совещаний.

43 Международное совещание по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра состоялось в Дубне 20—23 апреля. В программе

совещания — проблемы физики атомного ядра, а также физики низких и промежуточных энергий, имеющие отношение к структуре атомных ядер: экспериментальные исследования схем бета-распадов атомных ядер, исследование экзотических



Дубна, 20—23 апреля. 43 Международное совещание по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра



Дубна, 15 мая. Слушатели Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов

ядер, гигантских резонансов и теоретический анализ разнообразных процессов в атомных ядрах. Традиционно на совещании обсуждались вопросы приложения методов ядерной физики в смежных областях науки и техники.

С 4 по 7 мая в Дубне проходило Международное совещание по исследованию временной инвариантности и нарушения пространственной четности в реакциях с нейтронами. В программу совещания были включены следующие темы: нарушение пространственной четности с компаунд-ядрами, приложение последних теоретических изысканий в будущих экспериментах, новые экспериментальные возможности для изучения нарушений симметрии, новые экспериментальные методики и исследовательская программа для установки ИРЕН (ЛНФ ОИЯИ).

Международная школа-семинар по физике тяжелых ионов состоялась 10—15 мая в Дубне. В ней приняли участие около 200 специалистов из

ведущих научных центров мира. Цель школы-семинара — знакомство участников с последними достижениями и перспективами экспериментальных и теоретических исследований в области физики тяжелых ионов. Основные направления научной программы: синтез и свойства тяжелых ядер, синтез и свойства легких экзотических ядер, эксперименты с радиоактивными пучками, взаимодействия сложных ядер при низких и промежуточных энергиях. Были заслушаны доклады по лазерной спектроскопии, созданию многодетекторных установок и развитию ускорительного комплекса ОИЯИ.

1 июня в Дубне прошел Международный симпозиум «Физика и детекторы на SSC». Объединенный институт ядерных исследований провел его совместно с Лабораторией сверхпроводящего суперколлайдера (SSCL), строительство которого было начато несколько лет назад в Далласе (США). Этот симпозиум можно отнести к круп-

Международный симпозиум «Физика и детекторы на SSC». На снимке: директор ЛВЭ академик А.М.Балдин, министр РФ по атомной энергии профессор В.Н.Михайлов, директор ОИЯИ профессор В.Г.Кадышевский, директор SSCL профессор Р.Швиттарс (США), вице-директор ОИЯИ профессор А.Н.Сисакян, почетный директор ЛЯП профессор В.П.Джелепов, научный руководитель ИФВЭ (Протвино) академик А.А.Логунов



нейшим международным встречам специалистов в области физики высоких энергий.

14—19 июня в Дубне состоялось Международное совещание по программированию и математическим методам решения физических задач. Программа совещания включала работу в трех

секциях: информационно-вычислительные комплексы и обработка данных; вычислительные методы в физике; математическое моделирование в задачах физики.

С 24 по 29 июня в Дубне проводилась III Международная конференция по исследованию по-



Дубна, 29 июня. Участники Международной конференции по исследованию поверхности методом рассеяния нейтронов и рентгеновских лучей



Дубна, 11 декабря. Участники Международного совещания «Тяжело-легкие кварковые связанные состояния и симметрии», проведенного в рамках программы «Гейзенберг — Ландау»

верхности методом рассеяния нейтронов и рентгеновских лучей. Ее проводила Лаборатория нейтронной физики им. И.М.Франка при поддержке Комиссии европейских сообществ. В конференции приняли участие специалисты из 11 стран, было представлено 50 докладов и 40 стендовых сообщений. Основная тематика конференции — исследования физико-химических свойств тонких пленок и многослойных структур, полупроводников, полимеров и биологических материалов.

14 сентября в Доме международных совещаний ОИЯИ состоялся шестой трехсторонний германо-российско-украинский семинар по высокотемпературной сверхпроводимости. Семинар был организован лабораторией нейтронной физики им. И.М.Франка в соответствии с государственными программами России и Украины по проблеме высокотемпературной сверхпроводимости. Научная программа семинара охватывала широкий спектр вопросов, касающихся теории



Дубна, 19—21 августа. «Боголюбовские чтения» — Международное совещание, посвященное памяти академика Н.Н.Боголюбова

Дубна, 29 апреля. Заключительное заседание на совещании по с-т-фабрике



ВТСП, получения новых веществ, применения сверхпроводящих материалов, механизмов роста пленок и кристаллов, структурных релаксационных эффектов, фазовых переходов в магнитных решетках, применения ядерно-физических методов для изучения ВТСП.

В Закопане близ Кракова с 14 по 24 сентября была проведена Европейская школа по физике высоких энергий. Такое наименование носит

теперь традиционная школа ЦЕРН—ОИЯИ. Она проводилась совместным оргкомитетом, куда вошли представители ЦЕРН, Объединенного института ядерных исследований и польских научных центров. Программу школы составили циклы лекций по новейшим проблемам физики высоких энергий. Кроме того, были прочитаны специальные лекции по научной программе ЦЕРН.



Дубна, 18 сентября. Участники Международного симпозиума «Дубна. Дейтрон-93»

В 1993 году ученые и специалисты Объединенного института ядерных исследований участвовали в 160 международных и национальных конференциях.

Наиболее крупные делегации представляли Институт на Сессии по CMS (Россия, Москва), XII Сессии по использованию рассеяния нейтронов в физике конденсированного состояния (Россия, Екатеринбург), Генеральной конференции Отделения конденсированных сред Европейского физического общества (ФРГ, Регенсбург), Рабочем совещании по программе исследований с использованием мишени из изомера гафния (Франция, Орсе), 3 Международной конференции по пучкам радиоактивных ядер (США, Ист Лансинг), Международной конференции «Кварковая материя-93» (Швеция, Берланг), Международной конференции «Частицы и ядра» (Италия, Перуджа), Международной конференции «Пузырьковая камера и ее вклад в физику частиц» (Швейцария, Женева), Международной конференции по физике высоких

энергий (Франция, Марсель), Международной школе по ядерной физике (Польша, Пиаски), Международной конференции по проблеме нескольких тел (Нидерланды, Гаага), 28 Европейском совещании по циклотронам (Финляндия, Ювяскюля), 3 Вигнеровском симпозиуме (Великобритания, Оксфорд), Фридмановском международном семинаре по гравитации и космологии (Россия, Санкт-Петербург), XVI Семинаре по физике высоких энергий и квантовой теории поля (Россия, Протвино), Международной конференции «Спектроскопия гамма-лучей захвата» (Швейцария, Фрибург), Семинаре по спиновым явлениям в физике высоких энергий (Россия, Протвино), конференции «Физика на внутренних мишенях — HERA» (ФРГ, Гамбург), Международном совещании по физике деления (Россия, Обнинск), Международной школе по ядерной, нейтронной физике (Россия, Санкт-Петербург), 3 Международной конференции по трековым мембранам и их применению (Польша, Варшава).

ГОСТИ ОИЯИ

В течение 1993 года Объединенный институт посетили научные делегации ведущих ученых из Франции, ЦЕРН, ЮАР, университетов и научных центров США, Великобритании, Германии, Китая, Финляндии, Индии, Нидерландов, парламентско-правительственная делегация

Российской Федерации, Британская правительственная комиссия BNFL, члены бундестага Германии совместно с представителями ФМИТ и сотрудниками посольства ФРГ в России, делегации посольств Великобритании и США в России.



Дубна. Гость ОИЯИ посол ФРГ в России господин О. фон дер Габлентц в Лаборатории ядерных реакций

**Справка о количестве командировок специалистов стран-участниц и других стран
в Объединенный институт ядерных исследований в 1993 году**

Страна	Лаборатория (подразделение)	ЛВЭ	ЛЯП	ЛТФ	ЛНФ	ЛЯР	ЛВТА	ЛСВЭ	Упр.	Итого
Азербайджан		2	1	1	—	—	—	—	—	4
Армения		—	—	2	—	—	—	—	—	2
Болгария		11	5	6	3	7	4	3	10	49
Казахстан		1	—	—	—	—	—	—	—	1
Куба		—	—	—	—	1	—	—	—	1
Монголия		10	1	3	1	4	5	—	—	24
Польша		10	12	6	21	19	1	2	3	74
Румыния		6	6	1	5	4	1	6	—	29
Украина		2	—	—	—	2	—	—	—	4
Чехия		1	9	3	9	7	1	—	—	30
Словакия		4	2	2	1	4	1	—	—	14
Венгрия		—	—	1	6	8	—	—	6	21
Германия		12	9	12	31	38	4	2	1	109
Общее количество командировок из стран-участниц, Венгрии и Германии		59	45	37	77	94	17	13	20	362
Австралия			1	1	1					3
Австрия		—	—	3	—	—	2	—	1	7
Бельгия		—	—	1	1	3	—	—	—	5
Великобритания		1	—	4	4	2	—	—	4	15
Греция		1	—	—	—	—	—	—	—	1
Египет		2	—	—	2	4	1	—	—	9
Зимбабве		—	—	1	—	—	—	—	—	1
Израиль		—	—	—	—	—	—	—	1	1
Индия		—	—	4	—	2	—	—	—	6
Ирак		—	1	—	—	—	—	—	—	1
Испания		2	—	—	—	—	—	—	—	2
Италия		2	5	1	1	6	2	—	—	17
Канада		—	—	1	—	—	—	—	—	1
КНР		4	—	—	—	7	—	—	1	12
Нидерланды		1	—	—	2	—	4	—	—	7
Норвегия		—	—	—	2	—	—	—	—	2
США		9	8	5	14	4	—	7	4	51
Тайвань		—	—	1	—	—	—	—	—	1
Турция		—	—	2	—	—	—	—	—	2
Финляндия		1	—	—	1	3	—	—	—	5
Франция		5	17	11	7	9	1	4	1	55
Швейцария		2	—	3	—	—	1	4	6	16
Швеция		3	—	—	1	—	—	—	—	4
Югославия		1	1	1	—	2	—	—	—	5
ЮАР		—	2	4	—	—	4	—	—	10
Южная Корея		—	—	2	1	—	—	—	—	3
Япония		8	—	6	—	—	—	—	—	14
Общее количество командировок из стран-неучастниц		42	35	51	36	43	15	16	18	256
Всего:		101	80	88	113	137	32	29	38	618

**Справка о количестве командировок специалистов
Объединенного института ядерных исследований
в страны-участницы и другие страны в 1993 году**

Страна	Лаборатория (подразделение)	ЛВЭ	ЛЯП	ЛТФ	ЛНФ	ЛЯР	ЛВТА	ЛСВЭ	ОРБЫРИ	Упр.	Авто- хозяйство	Итого	В т.ч. на конф.
Болгария		5	5	4	8	7	3	4	—	4	8	48	5
Вьетнам		—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	1	—
Куба		—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	3	—
Монголия		2	—	1	—	1	—	—	—	2	—	6	—
Польша		26	17	12	23	31	1	—	1	2	—	113	20
Румыния		5	2	—	3	6	1	9	—	2	1	29	3
Чехия		5	37	3	7	13	—	4	—	1	8	78	6
Словакия		10	1	5	7	2	5	4	—	—	—	34	4
Венгрия		3	—	1	5	3	1	2	—	1	1	17	5
Германия		8	27	59	36	55	18	19	—	4	—	226	42
Общее количество командировок в страны-участницы, Венгрию и Германию		64	89	85	90	118	29	42	1	19	18	555	85
Австрия		—	—	5	3	1	—	—	2	1	—	12	1
Аргентина		—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1	1
Бельгия		—	—	3	2	6	—	—	—	—	—	11	4
Великобритания		3	—	6	10	2	1	1	—	1	—	24	4
Греция		2	1	3	4	1	1	2	—	1	—	15	5
Дания		—	1	1	1	—	—	—	—	—	—	3	3
Египет		—	—	—	—	2	1	—	—	—	—	3	—
Израиль		—	—	—	—	1	—	—	—	1	—	2	—
Индия		3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	3
Иран		—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	1	—
Ирландия		—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	1	—
Испания		—	1	2	—	—	—	1	—	—	—	4	2
Италия		8	23	27	6	6	7	2	—	1	—	80	29
Канада		—	1	6	—	—	1	—	—	—	—	8	—
КНДР		1	—	—	5	5	—	1	—	—	—	12	8
Мексика		—	—	3	—	—	—	—	—	—	—	3	3
Нидерланды		2	—	4	—	2	1	1	—	—	—	10	10
Норвегия		—	—	1	1	—	1	—	—	—	—	3	3
Португалия		—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1
США		6	22	10	4	11	1	14	—	5	—	73	30
Таиланд		—	—	1	—	—	1	—	—	—	—	2	2
Тайвань		—	—	1	—	—	—	—	—	1	—	2	—
Турция		1	1	2	1	1	—	—	—	—	—	6	4
Финляндия		15	1	—	1	7	—	—	—	—	10	35	10
Франция		17	46	15	12	28	2	3	—	6	—	129	23
Швейцария		36	67	6	8	3	25	54	—	6	1	206	27
Швеция		16	2	—	—	1	—	—	—	—	—	19	5
ЮАР		—	—	—	2	—	—	—	—	1	—	3	—
Южная Корея		—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	2	1
Югославия		1	—	—	—	2	—	—	—	—	—	3	1
Япония		4	2	2	3	1	—	1	—	—	—	13	8
Общее количество командировок в страны-неучастницы		115	169	95	65	81	42	82	2	24	11	690	218
Всего:		179	258	184	155	199	71	124	3	43	29	1245	303

**Перечень научных, рабочих и научно-организационных совещаний,
проведенных Объединенным институтом ядерных исследований в 1993 году**

Наименование совещания	Место проведения	Время проведения	Количество участников
<i>I. Научные совещания</i>			
Международное совещание по ядерной спектроскопии и структуре ядра	Дубна	20—23 апреля	165
Международное совещание по инвариантности обращения времени и нарушению пространствен- ной четности в реакциях с нейтронами	Дубна	4—7 мая	120
Международная школа-семинар по физике тяжелых ионов	Дубна	10—15 мая	185
Международное совещание с фирмой «Велих Мюллер»	Дубна	20—21 мая	100
Международное совещание «Физика на SSC»	Дубна	1—4 июня	200
Международное совещание по программированию и математическим методам решения физических задач	Дубна	14—19 июня	130
Международное совещание по физике деления	Смоленице, Словакия	14—18 июня	70
III Международная конференция по исследованию поверхности методом рассеяния нейтронов и рентгеновских лучей	Дубна	24—29 июня	120
Международное совещание по лазерной физике	Саратов— Москва	27 июня — 4 июля	90
Международное совещание «Методы симметрии в физике»	Дубна	6—10 июля	103
Международные курсы «Радиационная безопасность»	Дубна	12 июля — 22 августа	95
Международная конференция «Геофизика и современный мир»	Дубна	11—12 августа	65
Международное совещание, посвященное памяти Н.Н.Боголюбова	Дубна	19—21 августа	70
Международное совещание «Импульсные СВЧ-источники для линейных коллайдеров»	Дубна	4—11 июля	80
Международный семинар по суперпротонным проводникам	Дубна	7—11 сентября	100
Европейская школа по физике высоких энергий	Закопане, Польша	12—25 сентября	120
Международный семинар по ВТСП (ОИЯИ — ФРГ — Россия — Украина)	Дубна	14—18 сентября	120
Международный симпозиум «Дубна. Дейтрон-93»	Дубна	14—18 сентября	100
V Международное совещание по ядерно-спектро- скопическим исследованиям сверхтонких взаимо- действий	Дубна	21—25 сентября	95
Международное совещание «Получение вторичных пучков радиоактивных ядер техники фрагмент-сепарации»	Варна, Болгария	11—16 октября	70

Наименование совещания	Место проведения	Время проведения	Количество участников
---------------------------	---------------------	---------------------	--------------------------

II. Рабочие совещания

Рабочее совещание по нейтринному детектору	Дубна	19—21 января	40
Рабочее совещание по TRD	Дубна	20—23 января	45
Рабочее совещание по с-т-фабрике	Дубна	27—29 апреля	45
Рабочее совещание по эксперименту WA-91	Дубна	5—8 мая	30
Рабочее совещание коллаборации «Байкал»	Дубна	6—12 июня	30
Рабочее совещание сотрудничества ДЕЛФИ	Дубна	1—5 июля	25
Рабочее совещание по проблемам суперсимметрии и квантовых групп	Дубна	15—20 июля	40
Рабочее совещание по установке СВД	Дубна	1—2 сентября	35
Рабочее совещание «Квантовые нелинейные явления в оптике и физике конденсированных сред»	Дубна	5—8 октября	40
Международный семинар «Физика и применение твердотельных лазеров» (РИАН — ОИЯИ — ИОФАН)	Дубна	11—16 октября	50
Рабочее совещание по экспериментам на установке ЭКСЧАРМ	Дубна	12—14 октября	50
Рабочее совещание «Быстрый триггер ионного детектора HPDT ATLAS»	Дубна	27—30 октября	30
Рабочее совещание по адронному калориметру CMS	Дубна	28—29 октября	20
Рабочее совещание по исследованию малонуклон- ных систем во взаимодействиях ядер с протонами	Дубна	2—4 ноября	20
Рабочее совещание по установке NEMO-3	Дубна	11—17 ноября	30
Рабочее совещание коллаборации «Байкал»	Дубна	6—10 декабря	45
Рабочее совещание по установкам СФЕРА и ГИБС	Дубна	7—9 декабря	70
Рабочее совещание «Тяжелые кварковые связан- ные состояния и симметрии»	Дубна	8—12 декабря	45

III. Научно-организационные совещания

НКС по теоретической физике	Дубна	11 января	100
73 сессия Ученого совета ОИЯИ	Дубна	12—14 января	120
Совместная комиссия ОИЯИ — ФМИТ	Дубна	28—31 января	20
Заседание Финансового комитета	Дубна	16—18 февраля	80
Комитет Полномочных Представителей правительств государств — членов ОИЯИ	Дубна	16—18 марта	120
НКС по физике высоких энергий	Дубна	8—9 апреля	120
НКС по единой технической политике	Дубна	15 апреля	80
НКС по физике низких и промежуточных энергий	Дубна	22—24 апреля	120
НКС по исследованию конденсированных сред ядерными методами	Дубна	27—28 апреля	120
74 сессия Ученого совета ОИЯИ	Дубна	8—10 июня	120

Наименование совещания	Место проведения	Время проведения	Количество участников
Заседание контрольной комиссии Финансового комитета	Дубна	29—30 июня	20
Оргкомитеты по формированию:			
Программно-консультативного комитета по физике высоких энергий	Дубна	16—17 ноября	125
Программно-консультативного комитета по физике низких и промежуточных энергий	Дубна	18—19 ноября	120
Программно-консультативного комитета по единой технической политике	Дубна	26 ноября	80
Программно-консультативного комитета по исследованию конденсированных сред ядерными методами (совместно с комиссией РАН по ядерным методам в физике конденсированных сред)	Дубна	30 ноября — 2 декабря	150
Программно-консультативного комитета по теоретической физике	Дубна	2—3 декабря	90

Перечень конференций, симпозиумов, совещаний и школ, в которых принимали участие специалисты ОИЯИ в 1993 году

Международная конференция «Континуальные интегралы в физике»	Бангкок, Таиланд	7—12 января	2
Совместное заседание НКС и научного совета ГНТПР «Физика высоких энергий»	Протвино, Россия	12 января	2
Совещание по CMS	Москва, Россия	21—22 января	25
Рабочее совещание по физике спектрометра 0°F для COSY	Бад Хоннеф, ФРГ	1—3 февраля	1
5 Школа ИКФА по аппаратуре в физике элементарных частиц	Бомбей, Индия	15—27 февраля	3
Зимняя школа ЛИЯФ	Гатчина, Россия	24 февраля — 1 марта	1
32 Международная университетская неделя по ядерной физике и физике частиц	Шладминг, Австрия	24 февраля — 5 марта	1
Рабочее совещание по LHC	Хельсинки, Финляндия	25—26 февраля	1
Адриатическая конференция по квантовой интерференции	Триест, Италия	2—5 марта	1
Международная конференция «Результаты и перспективы в физике частиц»	Аоста-Велли, Италия	7—13 марта	1
Международная конференция «Перспективы развития физики высоких энергий»	Ла-Тюль, Италия	7—13 марта	1
Международная школа по перспективам ядерной физики	Токио, Япония	7—19 марта	1
Рабочее совещание по двумерной квантовой теории поля	Вена, Австрия	8—12 марта	4

Наименование совещания	Место проведения	Время проведения	Количество участников
Рабочее совещание по эксперименту NA-47	Женева, Швейцария	13 марта — 3 апреля	1
XII Совещание по использованию рассеяния нейтронов в физике конденсированного состояния	Екатеринбург, Россия	18—23 марта	12
Международное совещание «КХД и взаимо- действия адронов при высоких энергиях»	Ле Арк, Франция	20—27 марта	2
Рабочее совещание по установке JEM	Даллас, США	22 марта — 4 апреля	1
13 Генеральная конференция Отделения конденсированных сред Европейского физического общества	Регенсбург, ФРГ	29 марта — 2 апреля	5
I Межгосударственная конференция «Материаловедение высокотемпературных сверхпроводников»	Харьков, Украина	5—9 апреля	1
Международная конференция по математическим методам и обработке данных на суперЭВМ в ядерной технике	Карлсруэ, ФРГ	19—23 апреля	1
Рабочее совещание по программе исследований с использованием мишени из изомера гафния	Орсэ, Франция	24 апреля — 6 мая	5
Международный семинар по компьютерным программам метода Монте-Карло в проблемах переноса излучения	Сакле, Франция	27 —29 апреля	1
Международная конференция по малоугловому рассеянию	Сакле, Франция	27—30 апреля	1
Рабочее совещание по программе PIAFE	Гренобль, Франция	2—5 мая	3
Семинар ИКФА «Дальнейшие перспективы в физике высоких энергий в DESY»	Гамбург, ФРГ	3—7 мая	3
18 Генеральная ассамблея Европейского геофизического общества	Висбаден, ФРГ	3—7 мая	3
Международный симпозиум по суперколлайдеру	Сан-Франциско, США	5—9 мая	2
2 Рабочее совещание по ЭЦР-источникам ионов	Гронинген, Нидерланды	6—7 мая	1
3 Европейское рабочее совещание по современному применению микропучкового анализа	Римини, Италия	9—13 мая	1
Общеввропейская конференция по компьютерным сетям	Тронхейм, Норвегия	10—13 мая	1
6 COSPAR коллоквиум (международный круглый стол по оценке радиационного риска человека при космических полетах)	Бад Хоннеф, ФРГ	11—14 мая	1
Международная конференция «Адроны-93»	Новый Свет, Крым	12—18 мая	5
Международная школа «Современные методы малоуглового рассеяния»	Камо, Италия	12—23 мая	1
Международная конференция по ускорителям	Вашингтон, США	17—20 мая	2
Колледж по вычислительной физике	Триест, Италия	17 мая — 11 июня	1

Наименование совещания	Место проведения	Время проведения	Количество участников
Киевский семинар по физике и технике интенсивных источников ионов и ионных пучков	Киев, Украина	18—20 мая	3
Международный симпозиум по достоверности измерений в дозиметрии	Вена, Австрия	24—27 мая	1
3 Международная конференция по пучкам радиоактивных ядер	Ист-Лансинг, США	24—27 мая	5
Международная конференция по современным источникам нейтронов	Абингтон, Великобритания	24—28 мая	4
Российская гравитационная конференция	Пушино, Россия	25—28 мая	1
Международная конференция по компрессоростроению	Казань, Россия	26—28 мая	2
8 Школа по физике высоких энергий	Хэмптон, США	26 мая — 12 июня	1
Рабочее совещание «Дельта-возбуждения в ядрах»	Саитама, Япония	27—29 мая	1
V Совещание по лазерной масс-спектрометрии	Новгород, Россия	1—2 июня	1
VME в промышленности и научных исследованиях	Черноголовка, Россия	1—5 июня	3
3 Рабочее совещание по с- τ -фабрике	Марбелья, Испания	1—6 июня	2
4 Северный симпозиум	Лозн, Норвегия	7—9 июня	1
Летнее совещание по ядерной физике	Ювяскюля, Финляндия	8—12 июня	1
Нордическое рабочее совещание по теории реакций тяжелых ионов при высоких энергиях	Эберген, Норвегия	11—15 июня	1
Международная конференция «Перспективы в изучении ядерной структуры»	Копенгаген, Дания	11—20 июня	1
Координационное заседание ФМИТ — ОИЯИ	Дармштадт, ФРГ	13—16 июня	5
Международная конференция «Ядерная энергия в Центральной Европе: настоящее и перспективы»	Порторож, Югославия	13—16 июня	1
Летняя школа по физике высоких энергий и космологии	Триест, Италия	13—30 июня	1
Международная конференция «Кварковая материя-93»	Берланг, Швеция	20—24 июня	5
Рабочее совещание по микростриповым газовым детекторам	Гренобль, Франция	20—25 июня	2
Международная конференция «Системы реального времени»	Оулу, Финляндия	22—24 июня	2
Неформальная конференция по реакторным шумам IMORN-24	Оббин, ФРГ	23—26 июня	2
Рабочее совещание «Эксклюзивные реакции при больших передачах импульсов»	Эльба, Италия	24—26 июня	2
Международная конференция «Атомные и ядерные кластеры»	Санторини, Греция	28 июня — 2 июля	4
Рабочее совещание «Взаимодействие релятивистских тяжелых ионов»	Салоники, Греция	25 июня — 5 июля	3

Наименование совещания	Место проведения	Время проведения	Количество участников
Международная конференция и летняя школа «Информационные технологии и программирование»	София, Болгария	26 июня — 5 июля	1
Конференция Европейского физического общества «Будущее ядерной спектроскопии»	Крит, Греция	28 июня — 3 июля	3
Международная конференция «Частицы и ядра»	Перуджа, Италия	28 июня — 2 июля	7
19 Международная конференция по гамильтоно- вой механике «Интегрируемость и хаотическое поведение»	Торунь, Польша	28 июня — 2 июля	2
Рабочее совещание «Геометрические методы в физике»	Белосток, Польша	1—7 июля	1
XI Международная конференция по ионным пучкам	Балатонфюред, Венгрия	5—9 июля	2
Международная конференция «Транспорт, хаос и физика плазмы»	Марсель, Франция	5—9 июля	1
Международная конференция по геохимии газов	Безансон, Франция	5—10 июля	1
Латиноамериканская школа по физике «EFAF-93»	Мар-дель-Плата, Аргентина	5—16 июля	
Международная конференция «Пузырьковая камера и ее вклад в физику частиц»	Женева, Швейцария	11—16 июля	5
Международная конференция по криогенной технике и криогенным материалам	Альбукерке, США	12—16 июля	3
Рабочее совещание по подготовке совместного проекта в области исследования конденсирован- ных сред	Бухарест, Румыния	12—30 июля	1
Международный симпозиум по $(e, 2e)$ -столкновениям, двойной фотоионизации и сопутствующим процессам	Париж, Франция	15—17 июля	1
Рабочее совещание по математической физике	Левен, Бельгия	19—24 июля	1
Международная конференция по физике высоких энергий	Марсель, Франция	21—28 июля	9
Международная конференция «Низкотемпературные детекторы частиц»	Беркли, США	29 июля — 3 августа	1
Международная летняя школа «Перспективы в структуре адронных систем»	Дронтен, Нидерланды	1—15 августа	2
42 Летняя школа по физике Шотландского университета	Эдинбург, Великобритания	1—21 августа	1
20 Международная конференция по физике низких температур	Юджин, США	4—11 августа	1
Международная конференция по лептон-фотонным взаимодействиям	Итака, США	10—15 августа	4
Международный симпозиум по сжатым состояниям и соотношениям неопределенности	Балтимор, США	10—13 августа	1
I Общеευропейская конференция по нелинейным колебаниям	Гамбург, ФРГ	15—21 августа	1

Наименование совещания	Место проведения	Время проведения	Количество участников
Международная конференция по нейтронному рассеянию	Пекин, Китай	17—19 августа	4
Международная школа по ядерной физике	Пяски, Польша	18—28 августа	7
16 Международный кристаллографический конгресс	Пекин, Китай	21—29 августа	3
Школа по физике на коллайдерах релятивистских ионов	Брукхейвен, США	23—27 августа	1
Международная конференция по проблеме нескольких тел	Амстердам, Нидерланды	23—27 августа	6
15 Международное совещание по лазерам на свободных электронах	Гаага, Нидерланды	23—27 августа	1
Международная конференция по дифференциальным уравнениям	Братислава, Словакия	23 августа — 1 сентября	3
Международная школа по ядерной физике	Предеал, Румыния	24 августа — 2 сентября	2
Совещание по МКУА ионным источникам	Пекин, Китай	28—30 августа	3
Конгресс «Химическое машиностроение и автоматизация»	Прага, Чехия	29 августа — 4 сентября	1
Международная конференция «Пион-ядерная физика»	Обереш, ФРГ	30 августа — 4 сентября	1
Международный симпозиум по квазикристаллам и дефектоупорядоченным кристаллам	Ченде, Китай	30 августа — 1 сентября	1
31 Ежегодная конференция Европейской исследовательской группы по высокому давлению	Белфаст, Великобритания	30 августа — 3 сентября	1
3 Европейская конференция «Ускорители в прикладных исследованиях и технологии»	Орлеан, Франция	31 августа — 4 сентября	1
V Международная конференция по ионным источникам	Пекин, Китай	31 августа — 4 сентября	4
28 Европейское совещание по циклотронам	Ювяскюля, Финляндия	1—4 сентября	6
Международная конференция «Нелинейные эволюционные уравнения и динамические системы»	Лечче, Италия	3—12 сентября	2
Международная конференция по тяжелым флейворам	Павия, Италия	3—7 сентября	1
Международная конференция «Радиационные эффекты в изоляторах-7»	Нагоя, Япония	4—14 сентября	1
Международная конференция «Структура адронов-93»	Банска-Штьявница, Словакия	4—11 сентября	2
Европейская школа по экзотическим пучкам	Левен, Бельгия	5—10 сентября	2
3 Вигнеровский симпозиум	Оксфорд, Великобритания	5—11 сентября	5
Международная конференция «Кооперативные явления в многочастичных системах»	Бад Хоннеф, ФРГ	5—11 сентября	2
3 Лондонская конференция по позиционно-чувствительным детекторам	Лондон, Великобритания	6—10 сентября	2
32 Международный симпозиум по теории элементарных частиц	Вендиш Ритц, ФРГ	7—11 сентября	3

Наименование совещания	Место проведения	Время проведения	Количество участников
Международное совещание по радиационному материаловедению	Варшава, Польша	11—19 сентября	2
Международная конференция «Поверхностная модификация металлов ионными пучками»	Нагоя, Япония	11—20 сентября	1
Международная школа по компьютерингу	Лаквила, Италия	1—25 сентября	1
Международная конференция «Нуклоны и антинуклоны-93»	Москва, Россия	12—19 сентября	5
Фридмановский международный семинар по гравитации и космологии	Санкт-Петербург, Россия	12—19 сентября	8
4 Международная конференция «Ядерные аналитические методы в науках о жизни»	Прага, Чехия	13—17 сентября	4
X Международный симпозиум по проблемам модульных комплексных систем	Санкт-Петербург, Россия	13—17 сентября	1
3 Оксфордская школа по рассеянию нейтронов	Оксфорд, Великобритания	14—24 сентября	2
Международная конференция «Тенденции в физике»	Флоренция, Италия	14—17 сентября	4
XVI Семинар по физике высоких энергий и квантовой теории поля	Протвино, Россия	14—17 сентября	9
Международное совещание «Актиниды-93»	Санта-Фе, США	18—24 сентября	1
5 Международное рабочее совещание по химии мишейей	Брукхейвен, США	18—24 сентября	2
Международная конференция «Калориметрия в физике высоких энергий»	Эльба, Италия	19—25 сентября	2
Международная конференция «Спектроскопия гамма-лучей захвата»	Фрибург, Швейцария	20—24 сентября	9
Международная конференция «Физика многочастичных процессов»	Коимбра, Португалия	20—25 сентября	1
Симпозиум «Применение ядерных методов в геологии, геофизике и геохимии»	Марианске-Лазне, Чехия	20—24 сентября	1
7 Международная конференция по нестандарт- ным энергетическим ядерным системам	Макухари, Япония	20—24 сентября	1
Семинар по спиновым явлениям в физике высоких энергий	Протвино, Россия	20—24 сентября	10
Международная конференция «Дифференциально-геометрические методы в теоретической физике»	Икстапа-Зихуата- нейо, Мексика	20—25 сентября	3
Международная школа по физике ускорителей	Родос, Греция	20 сентября — 1 октября	2
Радиобиологический съезд	Киев, Украина	21—25 сентября	1
Международная конференция по текстурам материалов «ICOTOM-10»	Клаусталь, ФРГ	20—24 сентября	2
Конференция «Физика на внутренних мишенях — HERA»	Гамбург, ФРГ	20—23 сентября	5
Международная конференция «Теоретические аспекты квантовой теории поля в физике высоких энергий»	Кифхейзер, ФРГ	20—24 сентября	2

Наименование совещания	Место проведения	Время проведения	Количество участников
3 Европейская конференция по порошковой дифрактометрии	Вена, Австрия	20—28 сентября	3
Школа-конференция «Нагретая и плотная ядерная материя»	Бодрум, Турция	26 сентября — 9 октября	3
Международное совещание по физике деления	Обнинск, Россия	26 сентября — 1 октября	9
Рабочее совещание по мюонному катализу	Краков, Польша	27—29 сентября	3
Международная конференция «Границы фундаментальной физики»	Олимпия, Греция	27—30 сентября	3
36 сессия Генеральной конференции МАГАТЭ	Вена, Австрия	27 сентября — 1 октября	2
Международная конференция по реакторным материалам	Милан, Италия	27 сентября — 2 октября	1
28 Международная конференция по коллоидным наукам	Юлих, ФРГ	27 сентября — 2 октября	1
Рабочее совещание по охлаждению пучков и смежным проблемам	Монтре, Швейцария	3—8 октября	2
3 Международная конференция по разработке программного обеспечения, искусственного интеллекта и экспериментальных систем в ядерной физике и физике высоких энергий	Обераммергау, ФРГ	4—8 октября	4
Международный семинар «Фурье- и атомные кластеры»	Санкт-Петербург, Россия	4—9 октября	1
Международная школа по ядерной, нейтронной физике	Варна, София	4—11 октября	5
Курсы по ядерной физике для аспирантов	Дебрецен, Венгрия	11—17 октября	3
Рабочее совещание по эксперименту FINDA	Фраскати, Италия	13—15 октября	1
Международная конференция «ICALEPCS'93»	Берлин, ФРГ	16—23 октября	2
Международное совещание по современным ядерно-энергетическим системам	Сеул, Южная Корея	18—22 октября	1
3 Международная конференция по трековым мембранам и их применению	Варшава, Польша	25—30 октября	7
Рабочее совещание по ядерной и фундаментальной физике на нейтронных пучках	Ок-Ридж, США	7—10 ноября	1
40 Симпозиум Американского вакуумного сообщества	Орландо, США	9—30 ноября	1
Рабочее совещание коллаборации WASA	Осака, Япония	14—21 ноября	3
Международная конференция «MMM-93»	Миннеаполис, США	15—18 ноября	1
Рабочее совещание по выработке научной стратегии нового исследовательского института по применению символьных вычислений	Амстердам, Нидерланды	17 ноября — 1 декабря	1
Рабочее совещание по проекту PIAFE	Брюссель, Бельгия	24—29 ноября	1
Совещание экспертов Организации экономической кооперации и развития по проблеме «Нейтронные пучки и синхротронное излучение»	Копенгаген, Дания	29 ноября — 4 декабря	1

Наименование совещания	Место проведения	Время проведения	Количество участников
Рабочее совещание коллаборации SSCL	Даллас, США	8—15 декабря	1
Совещание программного комитета лаборатории Легнаро	Падуя, Италия	13—17 декабря	1
Международная конференция «Перспективы теоретической физики»	Эдирне, Турция	14—21 декабря	1

**Справка о развитии международного сотрудничества и связей
Объединенного института ядерных исследований в период 1965—1993 гг.**

	1965	1970	1975	1980	1985	1989	1990	1991	1992	1993
1. Количество командировок специалистов из стран-участниц ОИЯИ (без учета приездов на совещания ОИЯИ)	203	446	1026	1216	1469	1519	1058	580	227	232
2. Количество командировок специалистов ОИЯИ в страны-участницы	171	287	474	558	600	798	778	669	401	312
3. Количество научных, методических и научно-организационных совещаний ОИЯИ	19	28	42	40	49	43	44	37	44	45
4. Количество командировок на международные конференции и в научные центры стран-неучастниц	59	166	131	109	119	244	437	526	836	690
5. Количество приездов специалистов из стран-неучастниц	27	176	226	93	144	305	563	479	654	386*
6. Количество стипендиатов ОИЯИ	—	8	11	7	3	13	16	14	9	16

*Кроме того, 510 специалистов из стран-неучастниц принимали участие в совещаниях, конференциях, школах и научно-организационных мероприятиях ОИЯИ

ОБЩЕИНСТИТУТСКИЕ СЛУЖБЫ



ОТДЕЛ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И РАДИАЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Деятельность отдела радиационной безопасности и радиационных исследований в 1993 году была направлена на обеспечение радиационного контроля на рабочих местах сотрудников и в окружающей среде, разработку и внедрение новых средств контроля, в том числе автоматизированных систем, а также на проведение радиационных исследований в новых, неизученных режимах работы ядерно-физических установок ОИЯИ.

Радиационный контроль осуществлялся на следующих ядерно-физических установках ОИЯИ:

- импульсном реакторе ИБР-30 при средней тепловой мощности 10 кВт;

- импульсном реакторе ИБР-2 со средней тепловой мощностью до 2 МВт;

- синхрофазотроне в режиме ускорения поляризованных дейтронов и релятивистских ядер с энергией до нескольких ГэВ/нуклон;

- фазотроне в режиме ускорения и вывода пучка протонов с энергией до 660 МэВ;

- циклотронах У-200 и У-400 в режимах ускорения и вывода ионов с энергиями до 20 МэВ/нуклон;

- циклотроне МЦ-400 в режиме ускорения и вывода ионов на установку ФОБОС;

- микротроне МТ-25 на энергию электронов 25 МэВ;

- сильноточных ускорителях электронов на энергии от нескольких кэВ до 16 МэВ.

Дозиметрический контроль проводился также при пусконаладочных работах на нуклотроне и при проведении работ с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений.

Итоги контроля радиационной обстановки и индивидуальных доз внешнего облучения персонала в зонах радиационного воздействия показали, что годовой уровень облучения персонала и населения не превысил ни предельно допустимых доз, ни пределов доз. К концу 1993 года на индивидуальном дозиметрическом контроле в ОИЯИ состояло 2213 сотрудников, из них прикомандировано к ОИЯИ из сторонних организаций 141 человек. Годовая доза облучения у 99,7% сотрудников, работающих в радиационно-вредных

условиях труда, не превысила 15 мЗв (1,5 бэр), что ниже регламентированной величины. Средняя эффективная доза облучения в окружающей среде от ядерно-физических установок Института не превысила 0,02 мЗв за 1993 г. на одного жителя города, что ниже одного процента от природной дозы радиации; радиоактивность внешней среды в районе расположения ОИЯИ по результатам контроля почвы, растительности и воды обусловлена наличием в ней естественных радиоактивных элементов и продуктов глобальных выпадений, на фоне которых вклад работы установок Института в загрязненность окружающей среды не обнаружен.

С целью развития и совершенствования средств радиационного контроля совместно с лабораториями выполнены работы:

- по модернизации действующих автоматизированных систем радиационного контроля (АСРК) в ЛЯП и ЛВЭ;

- по созданию новой АСРК в ЛЯР.

В области радиационных исследований завершены исследования основных дозиметрических характеристик опорных полей нейтронов [1]. Проверена адекватность показаний средств оперативного и индивидуального контроля дозиметрическим величинам в этих полях. Обработаны результаты экспериментов по определению чувствительности трековых детекторов с радиаторами из меди, индия, золота, висмута, тория и урана при облучении их релятивистскими ядрами [2].

Выполнен прогноз радиационной обстановки и ущерба при гипотетическом выбросе радионуклидов в значительных количествах в окружающую среду [3].

ЛИТЕРАТУРА

1. Абросимов А.И. и др. — ОИЯИ, Р16-93-37, Дубна, 1993.
2. Bamblevski V., Spyry F. — *Nuclear Tracks Radiat. Measur.* April, 1993. To be published.
3. Комочков М.М. — ОИЯИ, Р16-93-132, Дубна, 1993.



Радиационный контроль на импульсном реакторе ИБР-30

ОПЫТНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

В 1993 году Опытное производство ОИЯИ изготовило для Института продукции на сумму 74,1 млн руб., в том числе:

- механического оборудования — на 51,9 млн руб.,
- радиоэлектронной техники — на 15 млн руб.

Заказы Объединенного института ядерных исследований в 1993 году занимали около 30% производственных мощностей Опытного производства.

Основные работы, которые выполнили специалисты Опытного производства:

- сетки Фриша и плоскопараллельные счетчики для установки ФОБОС;

— магниты Д35, дуплеты и триплеты для квадрупольных линз тракта пучка У-400М;

— узлы подвижного отражателя для реактора ИБР-2.

Определенную часть производственных мощностей занимало изготовление товаров народного потребления. Серийно выпускались бытовые деревообрабатывающие станки с электродвигателями производства Франции, резинотехнические изделия для сантехнических устройств, металлические двери, гаражные ворота и т.п.

Совместно с Московским авиационным институтом освоено изготовление сварочных систем для сварки сталей и цветных металлов толщиной 0,1—1,5 мм.



Обсуждение специалистами ОИЯИ и LAL INP (Франция) технологии изготовления оптической секции установки NEMO-3

НАУЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ



ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ОТДЕЛ

В 1993 году издательский отдел выпустил в свет 502 наименования сообщений и препринтов ОИЯИ. Издано 183 служебных материала.

Вышли из печати 25 сборников трудов различных конференций, школ и совещаний, организованных ОИЯИ. Среди них: труды XV Международного симпозиума по ядерной электронике и Международного семинара КАМАК-92, «International Conference on Nuclear Structure and Nuclear Reactions at Low and Intermediate Energies», «International Seminar on Structural Investigations at Pulsed Neutron Sources», «Laboratory of High Energies. Users Handbook», научный отчет «Annual Report Laboratory of Nuclear Problems of the JINR», годовой отчет «Лаборатория нейтронной физики им. И.М.Франка», труды V семинара «Гравитационная энергия и гравитационные волны». Издана монография В.С.Барашенкова «Сечения взаимодействия частиц и ядер с ядрами».

В 1993 г. вышли в свет шесть выпусков журнала «Физика элементарных частиц и атомного ядра», в которые было включено 30 обзоров, и 6 сборников «Кратких сообщений ОИЯИ», в которые вошла 51 статья, содержащая оригинальные научные, научно-технические, методические и прикладные результаты.

Продолжался выпуск информационного бюллетеня «Новости ОИЯИ» на русском и английском языках. На двух языках издан и буклет об ОИЯИ.

Увидели свет буклеты, посвященные юбилеям ученых ОИЯИ: В.П.Джелепова, Ю.Ц.Оганесяна.

В редакции журналов, на различные конференции, симпозиумы, совещания и школы, проводившиеся как в странах-участницах ОИЯИ, так и в других странах, издательским отделом было направлено около 500 статей и докладов, содержащих результаты работ ученых Дубны. Статьи сотрудников ОИЯИ публиковались в таких журналах, как «Журнал экспериментальной и теоретической физики», «Теоретическая и математическая физика», «Приборы и техника эксперимента», «Ядерная физика», «Физика элементарных частиц и атомного ядра», «Physical Review», «Europhysics Letters», «Journal of Physics», «Physics Letters», «Zeitschrift für Physik», «Nuclear Physics», «Nuclear Instruments and Methods», «Modern Physics Letters» и др.

В 44 страны мира рассылались публикации Объединенного института. В 1993 году в списке рассылки публикаций появилось 4 новых адреса.

Оперативному информированию читателей научно-технической библиотеки о новых поступлениях служат выпускаемые издательским отделом экспресс-бюллетени НТБ и патентного отдела. Увидели свет традиционный ежегодный «Библиографический указатель работ сотрудников ОИЯИ за 1992 г.», «Отчет о деятельности ОИЯИ за 1992 г.».

Издательским отделом выполнялись многочисленные заказы лабораторий на ксерокопирование и переплетные работы. Для обработки экспериментальной информации и других целей отпечатано около 400 тысяч различных бланков.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА

В 1993 году число читателей научно-технической библиотеки и ее филиалов составило 4840 человек.

Количество выданной за год литературы и просмотренных на выставках новых поступлений составило более 236100 экземпляров. По заявкам читателей получено по межбиблиотечному абонементу (МБА) 1143 наименования. Выполнено более 260 читательских заявок, поступивших из других городов.

По всем источникам комплектования (покупка, подписка, книгообмен) в 1993 г. поступило 16,5 тысяч книг, периодических изданий, в том числе 10300 экземпляров на иностранных языках.

Продолжалась работа по очистке фонда от устаревшей литературы.

На 1 января 1994 года библиотечный фонд составил около 410 тысяч экземпляров.

Все поступившие издания своевременно обрабатывались и отражались в центральном каталоге и в каталогах филиалов. Каталоги пополнились 13800 карточками на новые поступления, изъято более 15 тысяч карточек.

Подготовлен с применением персональной ЭВМ и издан «Библиографический указатель работ сотрудников ОИЯИ за 1993 год».

Еженедельно выпускались экспресс-бюллетени «Книги», «Статьи», «Препринты». Выпущено 156 номеров, включивших информацию о 25000 изданиях. Эту еженедельную информацию получают 200 сотрудников Института, а также бюллетени рассылаются по 80 адресам вне ОИЯИ. Дополнительно к традиционной рассылке бюллетени идут по электронной почте.

Еженедельно обновлялись выставки новых поступлений книг, препринтов, периодических изданий, на которых представлено 7988 названий.

Было организовано 5 тематических выставок.

ОБМЕН ИЗДАНИЯМИ

Всего за 1993 год в научно-техническую библиотеку поступило в порядке обмена на публикации ОИЯИ, выпускаемые издательским отделом, 9677 изданий из 37 стран, в том числе из ЦЕРН — 2704. В порядке обмена в НТБ бесплатно поступают научные журналы из 21 страны (64 названия).

Конкретное количество поступлений показывает следующая таблица:

Наименование стран	Препринты	Журналы	Книги
<i>Страны-участницы ОИЯИ</i>			
Болгария	—	2	—
Венгрия	26	4	1
Вьетнам	—	1	—
Польша	42	—	2
Румыния	8	6	—
СНГ	824	6	1
Словакия	—	2	—
Чехия	6	—	—
Всего:	906	21	4
<i>Другие страны и международные организации</i>			
Австралия	10	—	—
Австрия	29	—	—
Аргентина	1	—	—
Бельгия	23	—	—
Бразилия	54	—	—
Великобритания	198	3	—
Германия	1421	6	6
Греция	2	—	—
Дания	27	—	1
Египет	8	—	—
Израиль	14	—	—
Индия	90	5	—
Ирландия	31	—	—
Испания	101	—	—
Италия	589	2	1
Канада	233	—	1
КНДР	50	3	10
КНР	—	1	—
Латвия	—	3	—
МАГАТЭ	—	2	27
Мексика	5	—	—
Нидерланды	44	—	—
Норвегия	15	—	—
Португалия	15	—	—
США	2462	8	17
Турция	7	—	—
Финляндия	42	—	—
Франция	575	2	—
ЦЕРН	2704	4	11
Швейцария	116	—	—
Швеция	42	—	—
Югославия	3	2	—
Южная Корея	4	1	—
Япония	762	1	20
Всего	9677	43	94
Общее количество:	10583	64	98



Москва, 5 марта. Открытие экспозиции «Научно-технические достижения Объединенного института ядерных исследований» в Политехническом музее

ПАТЕНТНЫЙ ОТДЕЛ

ИЗОБРЕТЕНИЯ

Оформлено 11 патентов на изобретения на имя ОИЯИ.

Переоформлено 17 авторских свидетельств, выданных ранее на имя ОИЯИ, на патенты по ходатайствам Института.

Получен первый патент Российской Федерации № 1764193 на изобретение «Узел связи», авторы А.Т.Василенко (ЛЯП), С.Ю.Подкладкин (ЛЯП).

— «Усовершенствование системы настройки и проверки блоков ВЦП-16 в установке «Комплекс меченых нейтрино», автор В.И.Евдокимов.

— «Устройство для измерения температуры при проведении радиационных испытаний полупроводниковых детекторов», автор В.И.Евдокимов.

— «Блок контроля питания пучковых камер установки АНОМАЛОН», автор В.И.Сотников.

— «Способ и приспособление для намотки квадрупольных датчиков магнитного поля», автор О.О.Мельников.

РАЦИОНАЛИЗАТОРСКИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ

Использовано в установках ОИЯИ 23 рационализаторских предложения. Наиболее значимыми являются следующие:

— «Автоматизированная система проверки знаний по ПТЭ и ПТБ на базе компьютера IBM PC-XT/AT», внедренное в нескольких лабораториях, автор А.П.Кретов.

ПАТЕНТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

За 1993 г. в отдел поступило 48 патентных бюллетеней Российской Федерации и 60 патентных бюллетеней «Изобретения за рубежом».

Все поступившие издания обрабатывались по тематике Института, выпускались экспресс-бюллетени.

**АДМИНИСТРАТИВНО-
ХОЗЯЙСТВЕННАЯ
ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ**



КАДРЫ

Численность сотрудников ОИЯИ на 1 января 1994 г. составила 6198 человек (в том числе 263 —

ООПиТ). Распределение по категориям работающих показано в таблице (без ООПиТ).

Категории работников	Численность сотрудников				всего
	в бюджетных подразделениях	в производственных подразделениях	в научно-хозрасчетных подразделениях	работающих по договорам	
Научные работники	1359	1	38	5	1403
Руководители	211	161	18	—	390
Специалисты	1237	279	64	9	1589
Рабочие	1289	1150	45	2	2486
Ученики	2	5	—	—	7
Служащие	20	28	2	—	50
Младший обслуживающий персонал	5	5	—	—	10
Итого	4123	1629	167	16	5935

В Объединенном институте работают 5 академиков академий наук: А.М.Балдин, И.А.Голутвин, И.Звара, А.М.Петросьянц, А.Н.Сисакян; 8 членов-корреспондентов академий наук: В.П.Джелепов, И.Н.Мешков, М.Г.Медеряков, Д.В.Ширков, Ю.Ц.Оганесян, В.Г.Кадышевский, Р.М.Мир-Касимов, В.А.Халкин; 72 профессора; 6 доцентов; 202 доктора; 611 кандидатов наук.

В 1993 г. в ОИЯИ принято на работу 765 человек (в т.ч. 334 человека в ООПиТ). Распределение по категориям принятых работников (исключая сотрудников ООПиТ):

научных работников — 158
специалистов — 97

рабочих — 150
учеников — 6
служащих — 7
руководителей — 12
младшего обслуживающего персонала — 1
Итого: 431

Уволено за этот период в связи с окончанием срока работы и по другим причинам 876 человек (в т.ч. 71 — из ООПиТ).

В течение года присвоены ученые звания профессора двум сотрудникам ОИЯИ, старшего научного сотрудника — шести.

В 1993 г. защитили кандидатские диссертации 24 человека, докторские — 13.

ФИНАНСОВАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Комитет Полномочных Представителей правительств государств — членов ОИЯИ для проведения научно-исследовательских работ, сооружения базовых установок и других мероприятий, связанных с деятельностью Института, на 1993 г. утвердил бюджет в сумме 22046,6 тыс. долларов США. Фактические расходы за год составили

9278,6 тыс. долларов США, или 42,1% по отношению к годовым ассигнованиям.

Проблемно-тематический план научно-исследовательских работ Объединенного института ядерных исследований за 1993 год выполнялся как в сметной стоимости, так и по номенклатуре. Количество выполняемых тем в 1993 году было 63.

Фактические расходы характеризуются следующими показателями:

Наименование раздела	План годовых ассигнований, тыс. долл. США	Фактические расходы за 1993 г., тыс. долл. США	% к плану
I. Административно-управленческие расходы	2766,6	1184,3	42,8%
II. Научно-производственные расходы	19233,4	8094,3	42,1%
Всего по основной деятельности:	22000,0	9278,6	42,2%
III. Капитальные вложения на строительство социально-культурных и бытовых объектов	380,5	177,3	46,6%

ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ

В состав Объединенного института ядерных исследований входят производственные, вспомогательные и обслуживающие подразделения.

Деятельность этих подразделений характеризуется основными показателями, приведенными в таблице:

Показатели	Годовой план	Фактически выполнено	% выполнения
1. Объем готовой продукции, выполненных работ и оказанных услуг, тыс. долл. США	4751,1	5609,5	118,1%
2. Результат финансово-хозяйственной деятельности, тыс. долл. США	419,0	1236,0	295,0%
3. Затраты на один доллар выполненных работ и оказания услуг, центы	0—91,2	0—78,0	
4. Численность работающих	1779	1710	