

С 3М

0-292

ИРИО



СЗМ  
01-292

**ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ**

Объединенный институт  
ядерных исследований  
БИБЛИОТЕКА

Дубна 1994

## **ГОСУДАРСТВА — ЧЛЕНЫ ОИЯИ:**

Азербайджанская Республика  
Республика Армения  
Республика Беларусь  
Республика Болгария  
Социалистическая Республика Вьетнам  
Республика Грузия  
Республика Казахстан  
Корейская Народно-Демократическая Республика  
Республика Куба  
Республика Молдова  
Монголия  
Республика Польша  
Российская Федерация  
Румыния  
Словацкая Республика  
Республика Узбекистан  
Украина  
Чешская Республика

Объединенный  
институт  
ядерных  
исследований  
является  
международной  
межправительственной  
научно-  
исследовательской  
организацией,  
осуществляющей  
свою деятельность  
на принципах  
ее открытости  
для участия  
всех  
заинтересованных  
государств,  
их равноправного  
взаимовыгодного  
сотрудничества.



# Объединенный институт ядерных исследований

Директор — член-корреспондент РАН В.Г.Кадышевский  
Вице-директор — академик АИН РФ А.Н.Сисакян  
Вице-директор — профессор Ц.Вылов

---

Россия 141980 Дубна, Московская обл.

Телефон: (7-09621) 62-243

Факс: (7-095) 975-23-81

Телекс: 911621 DUBNA SU

E-mail: post@office.jinr.dubna.su

---

**Объединенный институт ядерных исследований** — международный научный центр в городе Дубне недалеко от Москвы. Создан на основе Соглашения, подписанного странами-учредителями в 1956 году.

**Государства — члены ОИЯИ (1994 г.):** Азербайджанская Республика, Республика Армения, Республика Беларусь, Республика Болгария, Социалистическая Республика Вьетнам, Республика Грузия, Республика Казахстан, Корейская Народно-Демократическая Республика, Республика Куба, Республика Молдова, Монголия, Республика Польша, Российская Федерация, Румыния, Словацкая Республика, Республика Узбекистан, Украина, Чешская Республика.

**Устав ОИЯИ** принят в 1956 г., в новой редакции подписан Полномочными Представителями государств — членов Института 23 июня 1992 г.

**Институт создан в целях объединения усилий, научного и материального потенциала государств — членов Института для изучения фундаментальных свойств материи.**

## **Основные направления деятельности ОИЯИ:**

- проведение теоретических и экспериментальных исследований в области физики элементарных частиц, атомного ядра и конденсированного состояния вещества;
- организация обмена опытом в проведении исследований, а также полученной информацией путем публикации научных работ, проведения конференций, симпозиумов, стажировок и др.;
- содействие всестороннему развитию творческих способностей научных сотрудников Института;

---

— налаживание связей и поддержание контактов с другими национальными и международными научными организациями в целях координации деятельности и взаимовыгодного сотрудничества;

— использование результатов научных исследований, имеющих прикладной характер, путем их внедрения в промышленные, медицинские и иные технические разработки для обеспечения дополнительных источников финансирования фундаментальных исследований.

Результаты научных исследований, полученные в Институте, могут быть использованы только в мирных целях на благо всего человечества.

**Высшим органом управления Института является Комитет Полномочных Представителей правительств государств — членов Института (по одному представителю от каждого государства — члена ОИЯИ).**

При Комитете Полномочных Представителей создается и действует **Ученый совет**, который решает вопросы научной деятельности ОИЯИ. Членами Ученого совета являются:

- директор Института,
- ученые, назначаемые Полномочными Представителями (по одному учёному от каждого государства — члена ОИЯИ),
- ученые, избираемые КПП от разных стран, в том числе не являющихся членами ОИЯИ.

**Участие в деятельности Института осуществляется в различных формах:** на основе членства в Институте, а также двусторонних и многосторонних соглашений об участии в выполнении отдельных научных программ. Государства — члены Института принимают участие в финансировании деятельности Института и имеют равные права в управлении Институтом.

**Прием в ОИЯИ.** В члены Объединенного института ядерных исследований могут быть приняты любые государства, представители правительств которых заявили о желании участвовать в работе Института, согласии с положениями его действующего Устава и выполнении всех обязательств, вытекающих из членства в Институте.

Заявление от имени правительства государства, пожелавшего стать членом ОИЯИ, в письменном виде направляется директору Института, который безотлагательно рассылает его Полномочным Представителям всех государств — членов ОИЯИ.

Решение о приеме государства в члены Института принимается на очередной сессии Комитета Полномочных Представителей на основе консенсуса. Комитет Полномочных Представителей одновременно определяет размер долевого взноса нового члена Института.

---



Члены Ученого совета ОИЯИ

Полномочный Представитель правительства Российской Федерации в ОИЯИ  
Б.Г.Салтыков и директор ОИЯИ В.Г.Кадышевский





Дирекция ОИЯИ. Вице-директор — профессор Ц.Вылов (Болгария), директор — член-корреспондент РАН В.Г.Кадышевский, вице-директор — академик РАИН А.Н.Сисакян

Директор ЛЯР профессор Ю.Ц.Оганесян и гости лаборатории: профессор П.Кинли (ГСИ, ФРГ), профессор К.Детраз (ГАНИЛ, Франция) и профессор Р.Бок (ГСИ, ФРГ)







Директор ЛВЭ академик А.М.Балдин  
и член Ученого совета ОИЯИ Г.Пираджино (Италия)

Участники Международного совещания  
по перспективным источникам нейтронов в Дубне:  
Е.П.Шабалин (ОИЯИ), Д.М.Карпентер (США), Ю.А.Стависский (Россия),  
Р.Лонг (США), В.Л.Аксенов (ОИЯИ)





Гость ОИЯИ лауреат Нобелевской премии профессор А.Салам (в центре)  
с сотрудниками ЛТФ В.В.Буровым и П.Н.Боголюбовым

Подписание протокола заседания координационного комитета ОИЯИ — ФМИТ (ФРГ)  
по выполнению Соглашения о сотрудничестве и использовании установок ОИЯИ





Директор ЛЯП Н.А.Русакович и члены Ученого совета ОИЯИ  
профессор У.Амальди (ЦЕРН) и профессор Л.Монтане (ЦЕРН)

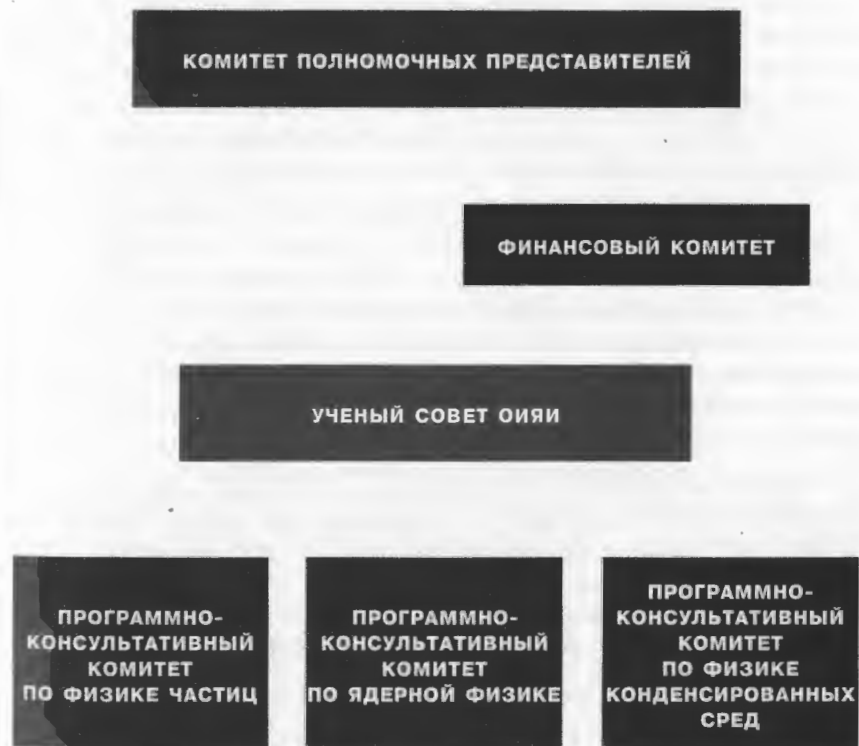
Посол КНР в России Ван Цзиньцин во время посещения ОИЯИ



**СТРУКТУРА  
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**



**ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**



**Широкое международное научно-техническое сотрудничество** — один из главных принципов деятельности ОИЯИ. Важные научные результаты получены в совместных работах с Институтом физики высоких энергий (Протвино), Российским научным центром «Курчатовский институт» (Москва), Институтом ядерной физики (Гатчина), Институтом теоретической и экспериментальной физики (Москва), Институтом ядерных исследований (Троицк), Физическим институтом РАН (Москва).

Многолетнее плодотворное сотрудничество связывает ОИЯИ с Европейской организацией ядерных исследований (ЦЕРН), что способствует решению теоретических и экспериментальных задач физики высоких энергий. Успешно развивается, особенно в последние годы, научное сотрудничество со многими физическими центрами Германии, США, Франции, Италии, Швейцарии, Китая и других стран.

В соответствии с соглашениями между ОИЯИ и Федеральным министерством по образованию и науке Германии, а также Венгерской академией наук немецкие и венгерские ученые работают в лабораториях ОИЯИ. Подписаны соглашения о совместных работах с Национальным институтом ядерной физики и МИД Италии, с Национальным институтом физики ядра и физики частиц Франции. Ученые ОИЯИ участвуют в экспериментальных исследованиях и подготовке к работам на ускорителях ЦЕРН и США: SPS, LEP, LHC, LEAR, Tevatron и др.

ОИЯИ как международная организация принимает меры к установлению постоянных контактов на взаимовыгодной основе с МАГАТЭ, ИКФА, Европейским физическим обществом, Международным теоретическим центром в Триесте. Ежегодно в Дубну приезжает более тысячи ученых из сотрудничающих с ОИЯИ научных центров. Физикам из развивающихся стран ОИЯИ предоставляет стипендии.

Ученые ОИЯИ — неперенные участники крупных международных и многих национальных научных симпозиумов. В свою очередь, Институт ежегодно проводит 5-6 крупных конференций и более 20 международных совещаний. Стали традиционными проводимые Объединенным институтом школы молодых ученых.

В Институте выпускается ежегодно около 600 препринтов и сообщений. Издаются журнал «Физика элементарных частиц и атомного ядра», сборник «Краткие сообщения ОИЯИ», ежегодный годовой отчет о деятельности ОИЯИ, информационный бюллетень «Новости ОИЯИ», а также сборники трудов конференций, школ, совещаний, организованных Институтом. ОИЯИ располагает библиотечным фондом, содер-

жащим более 400 тыс. экземпляров книг, периодических изданий, препринтов и др.

ОИЯИ — участник международных информационных систем по ядерной физике (INIS) и по физике частиц (PPDS).

**Образовательная программа ОИЯИ.** При Объединенном институте действует Учебно-научный центр (УНЦ), в котором обучаются студенты старших курсов МГУ, МФТИ, МИФИ. Это позволяет более полно использовать уникальный научный потенциал Института, увеличить приток в Дубну талантливой молодежи. В 1994 г. в Дубне открыт Международный университет, в который УНЦ входит составной частью.

УНЦ ОИЯИ предлагает программы обучения по следующим кафедрам: физика элементарных частиц, физика атомного ядра, ядерные методы в физике конденсированных сред, физика взаимодействия частиц высоких энергий, техническая физика и радиационная биология.

**Основными базовыми установками ОИЯИ** являются созданный в последние годы сверхпроводящий ускоритель релятивистских ядер — нуклотрон, ускорители тяжелых ионов У-400, У-400М, У-200, импульсный реактор на быстрых нейтронах ИБР-2, синхрофазотрон — ускоритель протонов и легких ядер на энергию 10 ГэВ, синхроциклотрон — ускоритель протонов на энергию 680 МэВ и нейтронный бустер ИБР-30.

Перспективу фундаментальных исследований определяет выполняемая в ОИЯИ программа создания современных базовых установок. В 1994 году началась реализация проекта ИРЕН — высокопоточного импульсного источника резонансных нейтронов.

Разрабатываются проекты накопительного комплекса тяжелых ионов К4-К10, предназначенного для получения прецизионных пучков стабильных и экзотических ядер, а также с-т-фабрики — комплекса электрон-позитронного коллайдера с универсальным детектором.

Сегодня Объединенный институт играет ключевую роль в координации исследований, проводимых учеными 18 стран-участниц ОИЯИ, и широкого научного сотрудничества институтов этих стран с ведущими физическими центрами мира и международными организациями.

ОИЯИ продолжает развиваться как крупный многоплановый международный научный центр, в котором интегрированы фундаментальные исследования в области современной ядерной физики, разработки и применения новейших технологий и университетское образование в соответствующих областях знаний.

Лабораторные  
корпуса ОИЯИ





# Лаборатория теоретической физики им. Н.Н.Боголюбова

Директор — академик РАН Д.В.Ширков

Телефон: (7-09621) 65-400  
Факс: (7-09621) 65-084  
Телекс: 911621 DUBNA SU  
E-mail: nadine@th-head.jinr.dubna.su

Тематика исследований физиков-теоретиков лаборатории формировалась под влиянием работ выдающихся ученых — Д.И.Блохинцева, Н.Н.Боголюбова, М.А.Маркова. В настоящее время теоретические исследования ведутся по следующим основным направлениям:

- квантовая теория поля и элементарных частиц,
- математическая физика,
- теория атомного ядра и ядерных реакций,
- релятивистская ядерная физика,
- теория конденсированных сред.

В штате лаборатории более 100 специалистов из стран-участниц Института. Ученые из других центров работают здесь по контрактам или приезжают с краткосрочными визитами. Их привлекает возможность участвовать в работе постоянно действующих тематических семинаров, общение с квалифицированными специалистами, а также хорошие условия для работы, в частности высокая оснащенность лаборатории персональными компьютерами и собственный вычислительный центр.

Отличительная черта дубненских теоретиков — сочетание физических идей и строгости математического исследования.

В сферу интересов теоретиков входят практически все современные разделы квантовой теории полей и частиц, теории фундаментальных взаимодействий. Широко признаны полученные в ЛТФ результаты по теории перенормировок и методу ренормгруппы, дисперсионным соотношениям, кварковым моделям и спектроскопии адронов, теории суперсимметрии, квантовой хромодинамике и теории электрослабых взаимодействий. Здесь выполнены работы по выводу квазипотенциальных уравнений и их применению ко многим задачам физики частиц; дана последовательная формулировка квантовой теории поля с фундаменталь-

ной длиной, опирающаяся на обобщенный принцип калибровочной инвариантности; ведутся исследования по теории нелинейных уравнений и теории струн, по топологическим теориям и новым квантовым симметриям.

Теоретики участвуют в формировании физических программ, обработке и интерпретации данных экспериментов на крупнейших ускорителях. Внесены оригинальные предложения по изучению свойств нейтрино, структурных функций адронов и ядер, поиску экзотических мультикварковых и гибридных состояний, дибарионов; ведутся расчеты радиационных поправок в электрослабых процессах, с различных точек зрения рассматриваются спиновые явления при высоких энергиях. Продолжаются работы по релятивистской теории связанных состояний и резонансов, спектроскопии адронов в рамках кварковой модели и эффективных киральных лагранжианов, по феноменологическим моделям низкоэнергетической адронной физики и множественного рождения частиц. Развиваются новые методы применения квантовой хромодинамики к процессам с адронами и фотонами с учетом спина и масс кварков. Наряду с этим исследуются самые общие вопросы построения расширенных теорий суперсимметрии и гравитации, выхода за рамки стандартной модели, разрабатываются непертурбативные методы в квантовой теории поля, начаты работы по квантовой гравитации и космологии.

Первоначальный импульс работам по теории ядра в ЛТФ был дан основополагающими работами Н.Н.Боголюбова по теории сверхпроводимости. Созданные им методы были успешно использованы для построения микроскопической теории ядра, развитие которой и сейчас является важной составной частью исследований дубненских теоретиков. Им удалось понять сложную картину низколежащих состояний деформированных атомных ядер, внести существенный вклад в теорию ядерных колебаний и вращения, в теорию деления, заложить фундамент известной модели взаимодействующих бозонов. В лаборатории сложились свои оригинальные направления исследования малочастичных систем и связанных с ними вопросов математической физики.

В последние годы интересы теоретиков-ядерщиков сместились в область ядерных состояний при экстремальных значениях углового момента, деформации, энергии возбуждения. Здесь микроскопические модели сменяют феноменологические, создавая единую картину ядерных процессов, в том числе и в непрерывном спектре состояний. Ведутся разработки механизмов ядерных реакций. В них используются методы сильной связи каналов, учитывающие одно- и многоступенчатые про-





Участники совещания физиков-теоретиков по программе  
«Гейзенберг — Ландау» на прогулке в окрестностях Дубны

Международный симпозиум «Боголюбовские чтения»





Научно-организационный семинар  
под руководством директора ЛТФ академика Д.В.Ширкова

Участники общепитетовского семинара  
памяти первого директора ОИЯИ Д.И.Блохинцева



---

цессы, кинетические уравнения, модели внутриядерных каскадов. Большое внимание уделяется исследованиям взаимодействия частиц и ядер с ядрами. Это вызвано интригующими вопросами, связанными не только с проявлением специфической коллективизации и экзотикой нуклонных состояний, но и с ролью мезонных и кварковых компонент ядер в различных процессах, а также с теоретическим анализом возможных фазовых переходов в ядерном веществе и характера сигналов об их проявлении.

По инициативе Н.Н.Боголюбова в лаборатории появилась новая научная проблематика, связанная с развитием методов статистической механики. В этой области ведутся работы по описанию статистических систем и применению статистических методов для изучения свойств конденсированных сред и ядерной материи. На протяжении ряда лет в лаборатории изучаются модели, предназначенные для описания равновесных и неравновесных фазовых переходов, разрабатываются методы исследования свойств кристаллов, жидкостей, магнетиков, сегнетоэлектриков и сверхпроводников. В ЛТФ предложены новые модели для объяснения явлений сверхтекучести и сверхпроводимости, позволяющие исследовать природу высокотемпературной сверхпроводимости, развиты методы анализа неравновесных фазовых переходов, когерентных явлений, возникающих при взаимодействии электромагнитных волн с конденсированными средами.

Важная часть деятельности лаборатории связана с международным сотрудничеством. Это не только участие в организации и работе конференций, симпозиумов, совещаний, но и проведение совместных исследований с учеными многих стран. Успешно развивается инициированная в 1991 году теоретиками Дубны и Германии программа «Гейзенберг — Ландау» по теоретической физике. В рамках программы уже опубликовано около ста совместных работ, регулярно проводятся рабочие совещания, реализована система грантов — совместных проектов, отбираемых на конкурсной основе Управляющим комитетом, в состав которого входят ученые из Дубны и Германии. Действуют соглашения между ЛТФ и МЦТФ (Триест), научными центрами Италии, Франции. География сотрудничества лаборатории расширяется с каждым годом.

Можно с уверенностью сказать, что для стран-участниц Института ЛТФ явилась подлинной кузницей кадров в области теоретической физики. Многие видные теоретики, особенно из республик бывшего СССР, проходили стажировку, долгое время работали в стенах лаборатории. И сейчас большое внимание уделяется подготовке и привлечению к работе молодых ученых. С этой целью проводятся школы для студентов,

---

---

аспирантов и молодых специалистов. В последние годы такие школы стали международными.

Для лаборатории характерно участие в подготовке программ экспериментальных исследований Института, теоретический анализ полученных результатов. Сотрудники ведут большую научно-организационную работу в составе руководящих органов Института, где квалифицированное мнение теоретиков необходимо для выработки общеполитической научной политики.

# Лаборатория высоких энергий

Директор — академик РАН А.М.Балдин

Телефон: (7-09621) 62-276  
 Факс: (7-095) 975-23-81  
 Телекс: 911621 DUBNA SU  
 E-mail: baldin@lhe20.jinr. dubna.su

Основу научной программы Лаборатории высоких энергий 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 (рис.1) и других ускорителей в ЦЕРН (SPS, LHC), Сакле (SATURNE), Брукхейвенской национальной лаборатории (RHIC).

В 1993 г. в Лаборатории высоких энергий введен в действие первый специализированный 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.

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

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

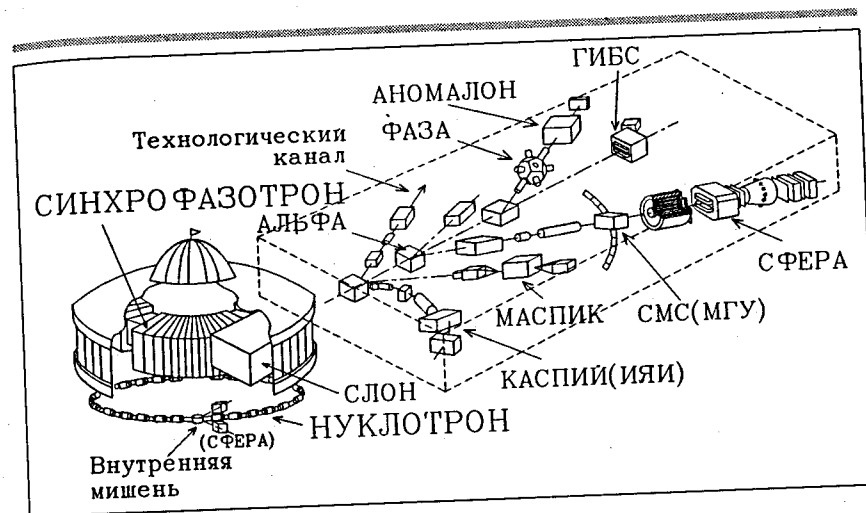


Рис.1. Схема ускорительного комплекса синхрофазотрон — нуклотрон и расположение основных экспериментов

**Ускорительный комплекс синхрофазотрон — нуклотрон.** Созданный в конце 50-х годов как ускоритель протонов на энергию 10 ГэВ, синхрофазотрон претерпел качественные изменения и превратился в ускоритель релятивистских ядер. Важнейшие этапы на этом пути:

- создание новых источников ионов — электронно-лучевого, лазерного, поляризованных дейтронов;
- совершенствование системы инжекции пучка в кольцо синхрофазотрона, вакуума в кольце и системы медленного вывода;
- создание и развитие масштабных экспериментальных зон выведенных ядерных пучков высокой интенсивности.

В настоящее время синхрофазотрон позволяет получать пучки ядер с импульсом от 0,3 до 4,5А ГэВ от дейтронов с интенсивностью  $10^{12}$  в цикле и, при постепенном снижении интенсивности, до серы —  $10^3$ . Уникальными являются пучки поляризованных и выстроенных дейтронов, интенсивность которых достигает величины  $5 \cdot 10^9$  при степени поляризации 0,45.

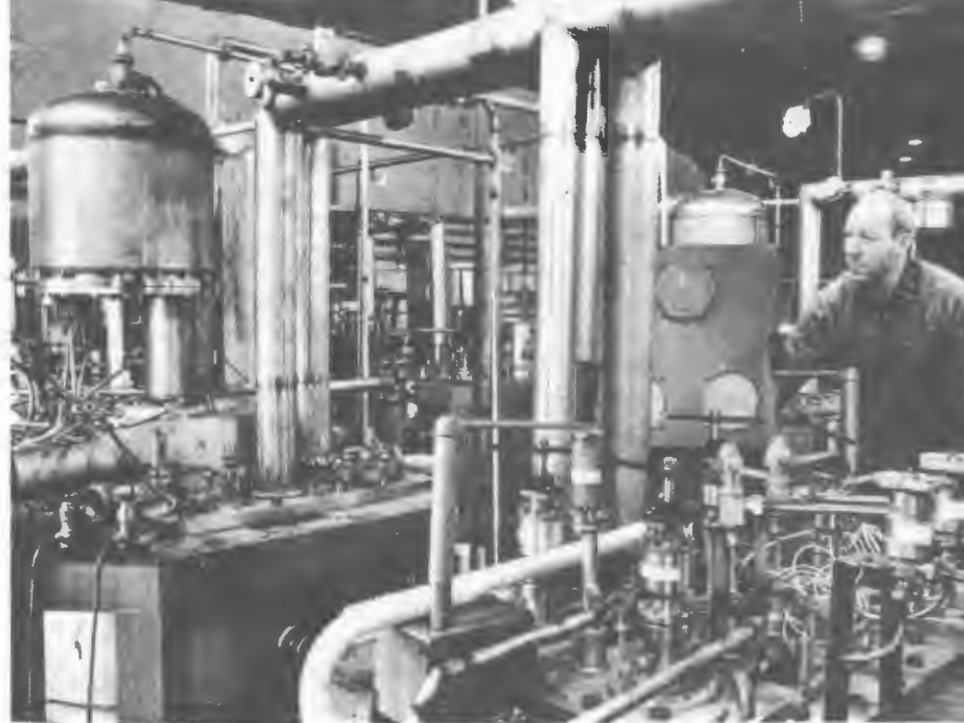
В 1987 г. в ЛВЭ началось сооружение нуклотрона — специализированного сверхпроводящего ускорителя ядер на энергию 6 ГэВ/нуклон,



Ускоритель релятивистских  
и поляризованных ядер —  
синхрофазотрон

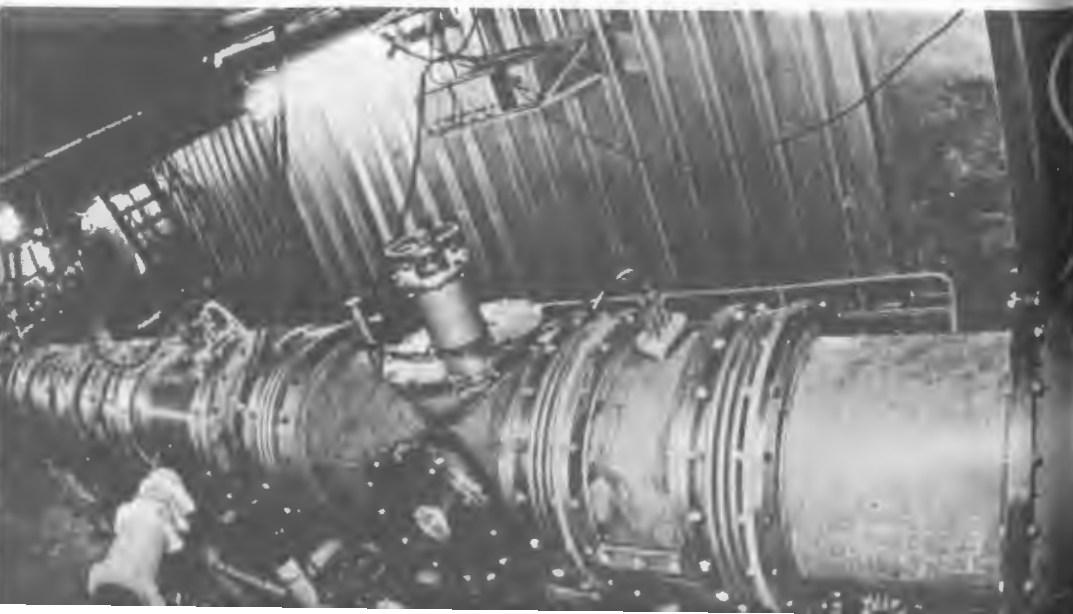


Многоканальный газовый черенковский  
счетчик установки СФЕРА



Криогенный комплекс для эксплуатации сверхпроводящих систем нуклотрона

Новый ускоритель Дубны — нуклотрон



который позволит получить интенсивные пучки ядер тяжелых элементов (около  $10^7$  ядер в цикле), таких как криптон, висмут, уран.

Кольцо нового ускорителя имеет периметр 251 м и вес около 80 т. Магнитная система синхротрона состоит из 96 дипольных магнитов и 64 квадрупольных линз, которые охлаждаются жидким двухфазным гелием. Основу криогенного комплекса составляют три ожижителя типа КГУ-1600/4,5 производительностью 500 л в час.

К концу 1992 г. кольцо нуклотрона было полностью собрано в технологическом тоннеле синхрофазотрона. Основной задачей в 1993 г. стала работа по адаптации ускорителя — сложного криогенного комплекса — для работы с внутренним пучком. Были получены устойчивая циркуляция и ускорение дейтронов и ядер углерода, и в начале 1994 г. на нуклотроне начаты эксперименты на внутренней мишени при импульсе 3,5А ГэВ/с.

Следующей важнейшей задачей лаборатории в плане развития ускорительного комплекса является создание системы медленного вывода пучка из камеры нуклотрона. Тогда пучки ядер новой машины станут доступны широкому кругу экспериментаторов. Следует подчеркнуть, что все вложения в развитие систем инжекции в синхрофазотрон и системы каналов выведенных пучков полностью будут использованы при работе на нуклотроне.

Лаборатория высоких энергий может предложить для использования в прикладных целях как пучки ядер, так и достижения в криогенной технике, в создании сверхпроводящих систем, технологии сверхглубокого вакуума, в технике мощных ожижителей гелия.

**Экспериментальные исследования на пучках релятивистских ядер.** Своеобразие ядерной физики в области энергий, где импульсы ядерных конstituентов порядка массы нуклона, в том, что сами адроны, являющиеся составными частями ядра, обладают внутренней структурой. Поэтому фундаментальные вопросы релятивистской ядерной физики состоят в следующем:

- в какой степени ядра могут быть описаны как адронные (нуклонные, мезонные и т.д.) системы,
- какова роль релятивистских эффектов,
- каким образом в ядрах проявляется кварк-глюонная структура адронов,
- каковы закономерности перехода от адронных к кварк-глюонным степеням свободы в ядрах,

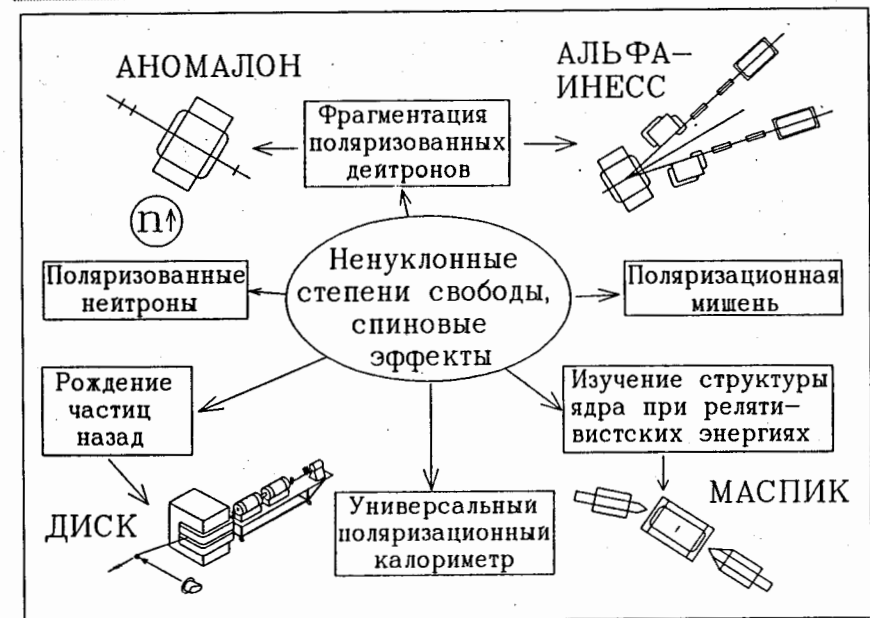


Рис.2. Экспериментальные установки для изучения структуры легких ядер

— каковы элементарные законы, основанные на авомодельном подходе, которые способны описать асимптотические закономерности переходного режима.

Фундаментальное значение имеют и вопросы о возможности образования равновесных квазистационарных состояний ядерной материи: кварк-глюонной плазмы, переходов типа «газ — жидкость» в ядрах,  $\Delta$ -ядер и т.п.

В соответствии с этими задачами научная программа лаборатории основывается на двух взаимодополняющих направлениях: 1) изучение спиновых эффектов и структуры легких ядер на межнуклонных расстояниях менее размера нуклона (рис.2) и 2) изучение множественных процессов в ядро-ядерных соударениях для поиска коллективных, многонуклонных эффектов в ядрах, фазовых переходов в ядерной материи (рис.3).

Экспериментальные исследования ведутся на установках, типичных для физики высоких энергий, ориентированных на импульсный анализ

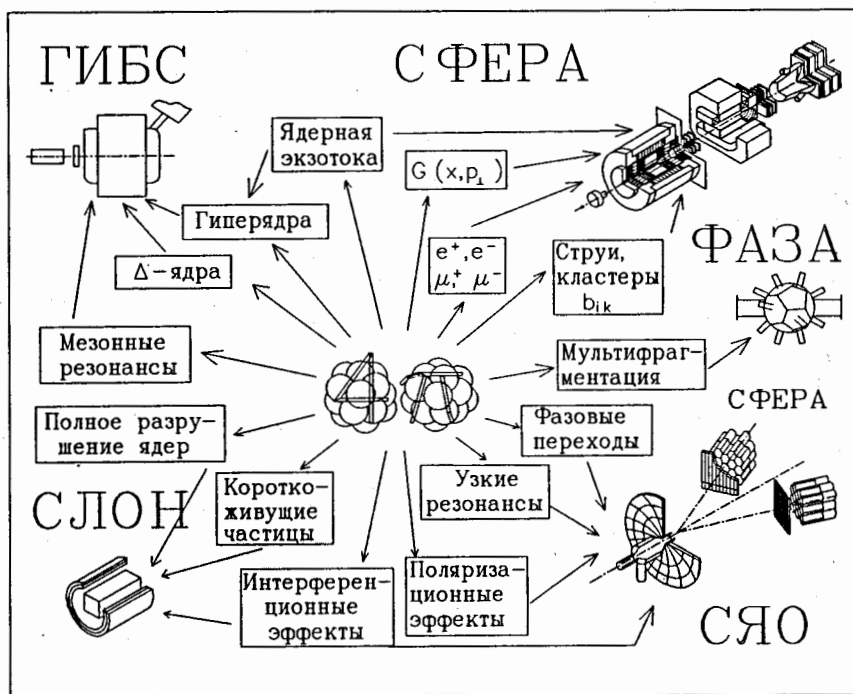


Рис.3. Установки для исследований ядро-ядерных соударений в геометрии, близкой к полному телесному углу

и идентификацию вторичных частиц в области энергий от 100 МэВ до нескольких ГэВ. При этом работа ведется как в рамках действующих коллабораций, таких как СФЕРА, АЛЬФА, АНОМАЛОН, в которых объединяющую основу составляют сотрудники ОИЯИ, так и в самостоятельно работающих группах из других физических центров. ЛВЭ — открытая лаборатория, и единственным условием для использования ее ускорительной и экспериментальной базы является одобрение предложенных экспериментов Ученым советом ОИЯИ.

## Лаборатория сверхвысоких энергий

Директор — профессор И.А.Савин

Телефон: (7-09621) 62-054

Факс: (7-09621) 65-767

Телекс: 911621 DUBNA SU

E-mail: savin@lshe1.jinr.dubna.su

Лаборатория сверхвысоких энергий создана с целью концентрации усилий и ресурсов для проведения экспериментальных исследований в области физики элементарных частиц.

Основные направления деятельности ЛСВЭ:

- эксперименты в области физики частиц на ускорителях У-70 ИФВЭ и SPS ЦЕРН и подготовка экспериментов на ускорителях УНК-600, LHC, HERA, RHIC;
- разработка, создание и исследование детекторов частиц;
- разработка, создание и исследование различных систем ускорителей.

**Экспериментальная база и программа исследований ЛСВЭ на ускорителе У-70 ИФВЭ.** На пучках ускорителя У-70 проводятся работы на четырех установках: спектрометре с вершинным детектором (СВД), магнитном искровом спектрометре-2 (МИС-2, проект МДС), ЭКСЧАРМ и комплексе меченых нейтрино (КМН).

Цель эксперимента СВД — исследование процессов рождения частиц с открытым очарованием в протон-протонных взаимодействиях, определение сечения рождения очарованных частиц вблизи порога. Используются широкоапертурный магнитный спектрометр с расположением координатных детекторов внутри и вне магнита, прецизионный вершинный детектор (быстроциркулирующая водородная пузырьковая камера) и детекторы электронов и фотонов. Эксперимент находится на стадии набора статистики и анализа информации.

Эксперимент по проекту МДС поставлен для исследования основных характеристик бозонных резонансов, радиальных возбуждений бозонных систем из легких кварков, дифракционной диссоциации пионов. В нем используется магнитный искровой спектрометр с «живой» ми-

шью из полупроводниковых детекторов. Идет обработка и анализ экспериментального материала.

**Цель эксперимента ЭКСЧАРМ** — поиск экзотических состояний со странными кварками и исследование процессов рождения и распада частиц, содержащих тяжелые кварки. Идет набор статистики, анализ информации.

**Цель эксперимента КМН** — изучение глубоконеупругих взаимодействий нейтрино и проверка универсальности слабых взаимодействий с точностью до нескольких процентов, поиск редких событий во взаимодействии нейтрино, поиск CP-нарушения в трехчастичных распадах каонов. Создается пучок меченых  $\nu_e$ - и  $\nu_\mu$ -нейтрино на основе восстановления кинематики  $K_{e3}^\pm$ - и  $K_{\mu 2}^\pm$ -распадов, используются жидкоаргоновый и магнитный мюонный спектрометры для регистрации нейтринных взаимодействий. Идет комплексный запуск установки, набор статистики.

**Целью эксперимента НЕПТУН для УНК** является исследование поляризационных эффектов: асимметрии эмиссии адронов, фотонов, лептонов, спиновых корреляций частиц в начальном и конечном состояниях, изучение механизма передачи спина, асимметрии и параметра поворота спина в упругих и дифракционных процессах. Эксперимент планируется на внутреннем пучке УНК, будут использованы струйные поляризованные водородные и дейтериевые мишени, создаваемые совместно с ЛВЭ и Мичиганским университетом (США), расчетная светимость  $\sim 10^{32} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ . Создается аппаратура, испытываются узлы на действующих ускорителях.

**Сотрудничество с ЦЕРН.** На мюонном пучке SPS ЦЕРН функционирует установка СМК (проект NA-47), созданная при участии ОИЯИ с целью проверки правил сумм для спин-зависящих кварковых структурных функций протона и нейтрона, проверки КХД. Установка СМК — классический магнитный спектрометр. В ОИЯИ для СМК разработан и изготовлен детектор мюонов на основе дрейфовых труб. ОИЯИ участвует в создании поляризованной мишени, получении и обработке данных о спин-зависящих структурных функциях дейтрона и нейтрона.

В эксперименте NA-48 на SPS ЦЕРН планируется получить наиболее точные данные по поиску «прямого» CP-нарушения в распадах каонов. Будут использованы магнитный спектрометр и электромагнитный жидкокриптоновый калориметр, характеризующийся рекордными параметрами по разрешению; в создании последнего принимают участие сотрудники ЛСВЭ.

**Участие в проектах ATLAS и CMS на LHC.** Цель обоих проектов — создание универсальных детекторов, ориентированных на широкий спектр задач современной физики: поиск хиггс-частиц, измерение массы и изучение распадов  $t$ -кварка, измерение CP-нарушающих эффектов в распадах  $B$ -мезонов, экспериментальные исследования в области суперсимметрии, поиск новых векторных бозонов.

**Коллаборация ATLAS** предлагает создать детектор общего назначения. ЛСВЭ участвует в его разработке и планирует участие в создании адронных жидкоаргонового и сцинтилляционного калориметров, детекторов внутреннего треккера, а также пучковых детекторов мюонной системы.

**Коллаборация CMS** предполагает создать детектор общего назначения на основе компактного мюонного соленоида с полем 4 Тл. Основные направления участия ЛСВЭ в этом проекте:

- разработка предливневого детектора электромагнитного калориметра на основе стриповых кремниевых детекторов;
- разработка и создание торцевых мюонных спектрометров на основе пропорциональных камер с катодным считыванием;
- адронная калориметрия;
- детекторная электроника и система триггирования.

**Методические исследования.** В ЛСВЭ исследуются и создаются детекторы для экспериментов на действующих и создающихся ускорительных комплексах (УНК, LHC, HERA, электрон-позитронных коллайдерах). Это новые типы газовых и полупроводниковых детекторов частиц, детекторы на капиллярах с жидким сцинтиллятором, электромагнитные и адронные калориметры, детекторы мюонов с высоким пространственным и временным разрешением, детекторы типа сцинтиллятор — фотодиод для спектрометрии легких заряженных частиц. Создается участок для производства кремниевых полупроводниковых детекторов. Развивается производство больших проволочных координатных детекторов. Для детекторов и элементов систем триггирования разрабатывается соответствующая электроника.

**Ускорительная проблематика.** Разрабатываются и создаются отдельные узлы протонных синхротронов на высокие энергии. К ним относятся системы подавления поперечных колебаний и станция перегруппировки пучка первой ступени УНК. Разрабатывается система подавления колебаний пучка LHC.





Испытание камер с катодным считыванием информации перед отправкой в ЦЕРН

Директор ЛСВЭ профессор И.А.Савин и главный инженер ОИЯИ профессор В.П.Саранцев в одном из подразделений лаборатории



Система подавления поперечных колебаний пучка частиц для УНК ИФВЭ (Протвино)

«Чистая комната» — участок для сборки полупроводниковых детекторов



В рамках программы ЦЕРН по физике тяжелых ионов ведутся теоретические исследования источников многозарядных ионов.

Осуществляется широкая программа исследований релятивистских клистронов и ЛСЭ (лазеров на свободных электронах) по программе ВЛЭПП и концепции двухпучкового ускорения.

Созданный криогенный комплекс позволяет на высоком уровне вести исследования криофизических процессов сверхтекучего гелия и принимать участие в разработках по проекту TESLA.

Продолжаются разработки сверхпроводящих резонаторов. На основе большого опыта сооружения сильноточных линейных ускорителей начата разработка ускорителей для радиационных технологий.

**Прикладные исследования.** Разрабатываются высокочастотные датчики сплошности потока в смесях нефти и воды, которые применяются в нефтедобывающей промышленности в системах коммерческого отпуска нефтепродуктов. Исследуется тепловой режим функционирования современных микросхем с субмикронной технологией для криоэлектроники. Изучаются температурные переходы в пленках ВТСП с помощью сканирующего ИК-спектрометра; изучается эпитаксиальный рост ВТСП-пленок на подложках из MgO; исследуется новый класс ВТСП-материалов для сильноточной электроники.

## Лаборатория ядерных проблем

Директор — доктор физико-математических наук Н.А.Русакович

Телефон: (7-09621) 62-279

Факс: (7-09621) 66-666

Телекс: 911 621 DUBNA SU

E-mail: director@nusun.jinr.dubna.su.

Лаборатория ядерных проблем — старейшая лаборатория Объединенного института ядерных исследований. В ее состав входят 9 научных отделов, научно-хозрасчетное подразделение (фазотрон), конструкторский отдел, отделение опытно-экспериментального производства и три вспомогательных подразделения. В штате лаборатории около 690 человек.

**Научная деятельность лаборатории охватывает:**

- экспериментальные исследования по физике частиц (при высоких, средних и промежуточных энергиях),
- исследования структуры ядер (включая релятивистскую ядерную физику и ядерную спектроскопию),
- изучение свойств конденсированного состояния,
- биологические и медико-биологические исследования,
- разработки проектов новых ускорителей.

Основной базовой установкой лаборатории до 1979 г. служил синхроциклотрон, введенный в действие в 1949 г. В 1979—1984 гг. синхроциклотрон был реконструирован в фазотрон с пространственной вариацией магнитного поля. В настоящее время фазотрон обладает наилучшими среди действующих синхроциклотронов параметрами: максимальная интенсивность внутреннего пучка протонов при энергии 680 МэВ достигает 10 мкА, выведенного пучка — 4 мкА; эффективность быстрого вывода 50—60%; система медленного вывода (растяжка) обеспечивает почти непрерывный во времени пучок протонов с интенсивностью 2,5 мкА ( $1,5 \cdot 10^{13}$  протонов в секунду).

**Научные исследования на фазотроне** ведутся по следующим направлениям:

- ядерная спектроскопия на комплексе ЯСНАПП-2,
- исследования мю-катализа,
- изучение редких распадов частиц,
- изучение свойств конденсированных сред  $\mu$ SR-методом (Muon Spin Rotation),
- медико-биологические исследования.

В комплексе ЯСНАПП-2 роль своеобразного «генератора» ионных пучков короткоживущих редкоземельных радионуклидов выполняют ионный источник и масс-сепаратор. Образование радионуклидов происходит в мишени ионного источника, облучаемой пучком выведенных протонов с интенсивностью до 2 мкА. На четырех ионных пучках расположены различные спектрометры, предназначенные для высокоточной  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\gamma$ -спектроскопии изучаемых радионуклидов. В последних экспериментах на ЯСНАПП-2 измерены граничные энергии  $\beta$ -спектров и разности масс между основными состояниями ядер для 25 радионуклидов в области атомных масс 139+164.

Исследования по мюонному катализу ядерных реакций синтеза в смеси изотопов водорода проводятся на установке ТРИТОН, расположенной на мюонном пучке фазотрона. Ближайшая цель — измерение скорости образования мезомолекул  $d\mu$  в смеси дейтерия и трития высокой плотности (жидкость,  $T = 21$  К).

Эксперимент по поиску нарушения закона сохранения лептонного числа на основе измерения вероятности конверсии  $W_{MM}$  мюония ( $\mu^+e^-$ ) в антимюоний ( $\mu^-e^+$ ) проводится на пучке «поверхностных» мюонов фазотрона. Значение верхней границы  $W_{MM} < 3,9 \cdot 10^{-7}$  (90%-й уровень достоверности), измеренное в совместном эксперименте ПИЯФ (Гатчина) — ЛЯП, в 1,7 раза ниже известного ранее (LAMPF, 1990). Этот результат включен в «Review of Particle Properties» за 1994 г.

На вторичном пучке отрицательных мюонов фазотрона проводятся исследования индуцированного псевдоскалярного взаимодействия. В эксперименте используется техника полупроводниковой  $\gamma$ -спектроскопии в сочетании с  $\mu$ SR-методом. В последнем эксперименте на кремниевой мишени было измерено отношение  $g_p/g_A = 3,4 \pm 1,0$ , которое не объясняется моделью PCAC и указывает на значительное ослабление индуцированного псевдоскалярного взаимодействия адронной средой.

Свойства конденсированных сред изучаются  $\mu$ SR-методом с помощью продольно-поляризованных положительных мюонов на экспериментальном комплексе «Мю-спин», состоящем из нескольких спектрометров разного назначения. Диапазоны температур и индукции магнитных полей, воздействующих на образцы вещества, составляют 0,2+300 К и 0,0+0,7 Тл соответственно.

Сфера научных интересов биофизиков лаборатории — исследования по индукции генных мутаций и хромосомных aberrаций у клеток высших эукариот при действии излучений с разной линейной передачей энергии (ЛПЭ), исследования закономерностей возникновения спонтанных мутаций у гаплоидных клеток низших эукариот, изучение экспрессии индуцибельных генов SOS-систем клеток прокариот при действии излучений с разной ЛПЭ (тема «Мутант»).

На базе фазотрона функционирует шестикабинный клиничко-физический комплекс с пучками частиц различного типа: протонов, отрицательных  $\pi$ -мезонов и нейтронов высоких энергий. Комплекс предназначен и используется для медико-биологических исследований и лечения онкологических больных.

Исследования в области релятивистской ядерной физики проводятся на пучке легких ионов синхрофазотрона ОИЯИ с помощью созданной в лаборатории экспериментальной установки ФАЗА. Оригинальная конструкция установки обеспечивает регистрацию продуктов реакции в телесном угле, близком к  $4\pi$  ср. Цель эксперимента — исследование механизма множественного рождения фрагментов промежуточных масс от ядер-спектаторов мишени в ядро-ядерных взаимодействиях.

Исследования в области физики высоких энергий специалисты ЛЯП проводят на ускорителях У-70 в ИФВЭ, LHC и SPS в ЦЕРН, SATURNE-II в Сакле и ускорителе Ван де Граафа в Праге.

Три экспериментальные установки, созданные с участием ЛЯП, работают на пучках ускорителя У-70 в ИФВЭ.

Так, на спектрометре ГИПЕРОН осуществляется поиск и изучение структурно-зависимой части прямого  $\gamma$ -излучения в распадах  $K^+ \rightarrow \pi^+\pi^0\gamma$  и  $K^+ \rightarrow \pi^0e^+\nu_e\gamma$ .

Исследования поляризационных явлений при энергиях в несколько десятков ГэВ проводятся на установке ПРОЗА-М, основным элементом которой служит поляризованная протонная мишень. Мишень разработана и создана специалистами ЛЯП. Объектом изучения является параметр



Первый ускоритель Дубны — фазотрон



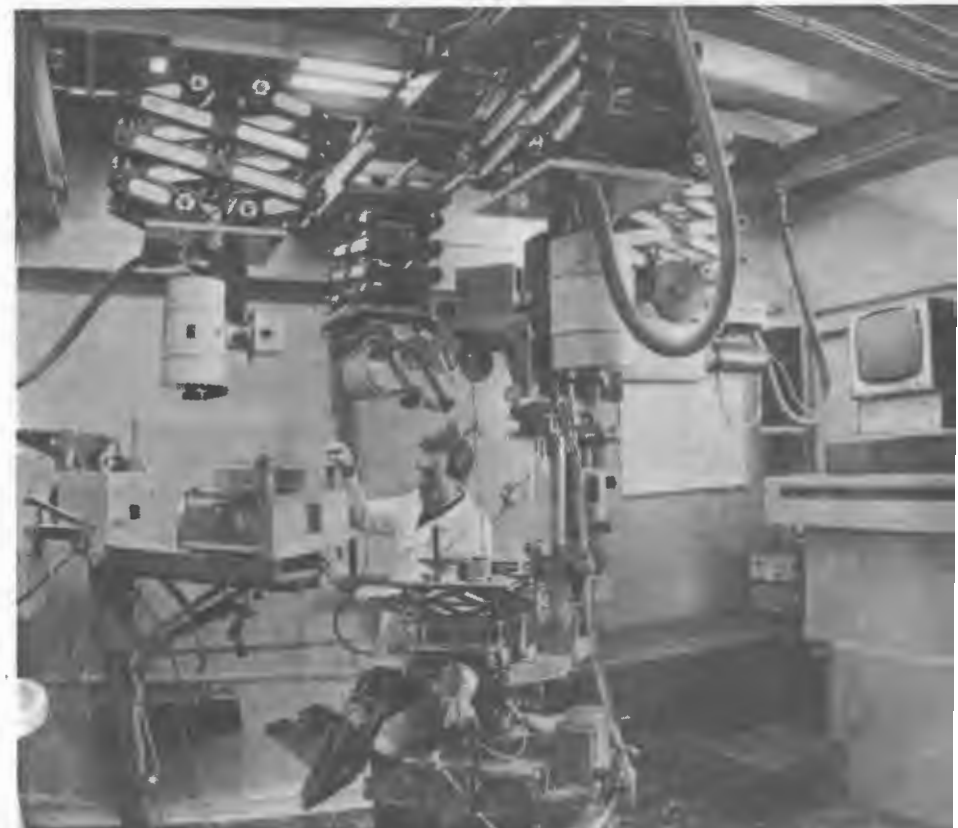
Центральная часть установки для исследования процессов мю-катализа. На снимке: директор ЛЯП Н.А.Русакович, почетный директор ЛЯП член-корреспондент РАН В.П.Джелепов и профессор В.Г.Зинов

Монтаж многопроволочной камеры с цилиндрической чувствительной поверхностью для эксперимента DISTO на ускорителе SATURNE (Франция)



Рабочий макет установки для исследования электрон-нейтринных угловых корреляций в  $\beta$ -распаде

Клинико-физический комплекс ОИЯИ



асимметрии  $A_N$  в реакциях  $\pi^- p \rightarrow \pi^0 + X$  при 40 ГэВ и  $pp \rightarrow \pi^0 + X$  при 70 ГэВ.

На нейтринном детекторе ИФВЭ — ОИЯИ осуществляется поиск нарушения закона сохранения лептонного числа. Эксперимент нацелен на измерение амплитуды вероятности осцилляций  $\nu_e \leftrightarrow \nu_x$  в области разности масс  $20 \leq (m_{\nu_e}^2 - m_{\nu_x}^2) \leq 500 \text{ эВ}^2$ .

Значительная часть научной деятельности сотрудников ЛЯП направлена на реализацию экспериментальных программ в ЦЕРН. В пяти экспериментах с участием физиков лаборатории идет набор статистики, обработка и анализ данных, публикуются результаты; два эксперимента находятся на стадии разработки и изготовления аппаратуры.

Отметим очередные результаты, полученные коллаборацией DELPHI. Один из них дает убедительное, модельно-независимое доказательство существования трехглюонной вершины, тем самым подтверждая одно из наиболее существенных положений КХД. Второй состоит в наиболее точном измерении среднего времени жизни адронов с открытой «прелестью»:  $\tau_p = (1,582 \pm 0,012 \text{ стат.} \pm 0,032 \text{ сист.}) \text{ пс}$ .

Коллаборацией WA-91 получены первые результаты с  $\Omega$ -спектрометра, расположенного на протонном пучке ускорителя SPS. Эксперимент нацелен на поиск и изучение мезонов не кварк-антикваркового состава, образующихся в центральной области в реакции  $pp \rightarrow p_{\text{fast}} + X^0 + p_{\text{slow}}$  при 450 ГэВ. В  $\pi^+ \pi^- \pi^+ \pi^-$ -системе наблюдаются два практически не изученных состояния  $X(1450)$  и  $X(1900)$ , измерены их ширины и основные квантовые числа  $I^G(J^{PC})$ .

На упомянутом  $\Omega$ -спектрометре коллаборацией WA-92 завершен набор статистики по реакциям  $\pi^+ p \rightarrow B + X$  при 300 ГэВ и  $pp \rightarrow B + X$  при 450 ГэВ. Цель эксперимента — изучение процессов образования и характеристик мезонов с  $b$ -кварком.

Экспериментальные данные о реакциях  $\bar{p}d \rightarrow \pi^- + \phi + p$  и  $\bar{p}d \rightarrow \pi^- + \omega + p$ , отличающиеся более чем в 50 раз от предсказаний правила Окубо — Цвейга — Иизуки, получены недавно на установке OBELIX, расположенной на антипротонном пучке LEAR.

В апреле 1994 г. в ЦЕРН начались первые рабочие сеансы на установке NOMAD, облучаемой пучком  $\nu_\mu$  с энергиями в интервале 20÷200 ГэВ. Цель эксперимента — поиск нового явления в физике лептонов — осцилляций нейтрино ( $\nu_\mu \leftrightarrow \nu_\tau$ ).

Большая группа специалистов ЛЯП активно включилась в разработку и создание установки ATLAS. Установка проектируется для поиска новых частиц и новых закономерностей в никем не изученной области энергий — 15 ТэВ в с.ц.м. Эксперимент будет реализован на вновь создающемся большом адронном коллайдере (LHC) в ЦЕРН.

Проект DIRAC, предложенный и обоснованный физиками ЛЯП, проходит окончательный этап рассмотрения руководящими органами ЦЕРН. Цель проекта — измерение времени жизни  $\pi^+ \pi^-$ -атома с погрешностью 10%, что позволит проверить предсказания киральной теории с точностью 5%.

Два эксперимента (TGV и NEMO-2), выполняемые с участием физиков ЛЯП в Моданской подземной лаборатории (Франция), имеют общую цель — измерение эффективной массы майорановского нейтрино на уровне 0,1 эВ. Аппаратура настроена на регистрацию двойного (нейтринного и безнейтринного)  $\beta$ -распада ядер  $^{100}\text{Mo}$ . Времена жизни изучаемых каналов распада характеризуются значениями  $\cong 10^{20} + 10^{21}$  лет.

В экспериментах на ускорителях Ван де Граафа (Прага) и SATURNE-II (Сакле) на основе уникального сочетания поляризованных пучков (нейтроны и протоны) и поляризованных мишеней (протоны и дейтроны) измеряются «спин-зависящие наблюдаемые»  $A_{00n0}, A_{00nn}, D_{000n}, K_{00nn}$  как функции энергии и угла рассеяния. Эти величины напрямую связаны с матричными элементами амплитуды  $NN$ -рассеяния.

На ускорителе Института им.П.Шеррера (PSI) в Виллигене (Швейцария) физики ЛЯП участвуют в двух экспериментах. Один из них направлен на измерение вероятности распада  $\pi^+ \rightarrow \pi^0 e^+ \nu_e$  с точностью 0,5%, что позволит на новом уровне проверить универсальность заряженного кварк-лептонного тока. Во втором эксперименте планируется осуществить поиск конверсии (мюоний  $\rightarrow$  антимюоний) вплоть до значения вероятности  $\cong 10^{-11}$ .

В лаборатории ведется разработка проекта  $s$ - $t$ -фабрики ОИЯИ для прецизионных исследований физики  $t$ -лептона и изучения свойств очарованных частиц в области порога их образования.

В отделе новых ускорителей ЛЯП разрабатывается компактный дейтронный циклотронный комплекс, способный служить нейтронным и мезонным генератором (проект МИНГЕН). Проектная энергия пучка — 1 ГэВ на нуклон при интенсивности в несколько миллиампер.

## Лаборатория ядерных реакций им. Г. Н. Флерова

Директор — член-корреспондент РАН Ю. Ц. Оганесян

Телефон: (7-09621) 62-261

Факс: (7-09621) 65-083

Телекс: 911621 DUBNA SU

E-mail: oyuts@ljar9.jinr.dubna.su

Реакции, вызываемые тяжелыми ионами, стали в настоящее время одним из основных методов исследований в ядерной физике. Стремительное развитие этой области обусловлено фундаментальностью результатов исследований, глубокой взаимосвязью ядерной физики с физикой элементарных частиц, астрофизикой и физикой твердого тела. Лаборатория ядерных реакций является одним из ведущих центров по физике тяжелых ионов низких и промежуточных энергий. В ней ведутся работы в области ускорительной техники, исследования реакций между сложными ядрами в широком диапазоне энергий, синтез и изучение радиоактивных и химических свойств новых элементов и изотопов, исследования взаимодействия тяжелых ионов с веществом, прикладные исследования.

**У-400.** Изохронный циклотрон У-400 (с магнитной индукцией 2,1 Тл) позволяет получать пучки ионов с массой от 4 до 100 и максимальной энергией вплоть до 25 МэВ/нуклон. Максимальная интенсивность пучков выведенных ионов в настоящее время составляет  $\sim 2 \cdot 10^{14} \text{ с}^{-1}$  для Ne и убывает соответственно до величины  $\sim 2 \cdot 10^{13} \text{ с}^{-1}$  для ионов Ca. В спектроскопическом режиме получены монохроматические пучки ионов легче аргона с энергией 25 МэВ/нуклон при  $\Delta E/E = 10^{-3}$ . Экспериментальная аппаратура установлена на 12 каналах выведенных пучков, расположенных на трех уровнях, вывод ионов из камеры ускорителя осуществляется в двух направлениях.

**У-200.** Изохронный циклотрон У-200 (с магнитной индукцией 2,1 Тл) позволяет получать выведенные пучки ионов вплоть до неона с энергией 20 МэВ/нуклон. В последние годы в основном используется как высокоэнергетический ускоритель  $\alpha$ -частиц, дающий в длительных эксперимен-

тах на внешнюю мишень пучок  $\alpha$ -частиц с энергией 36 МэВ и средней интенсивностью  $3 \cdot 10^{14} \text{ с}^{-1}$ .

Для выполнения прикладных работ созданы и находятся в эксплуатации циклический имплантатор ИЦ-100 и микротрон МТ-25.

**У-400М.** На У-400М ускорены ионы легких элементов от гелия до аргона с энергией до 50 МэВ/нуклон (максимальная энергия  $\sim 100$  МэВ/нуклон), осуществлены вывод и транспортировка пучка ионов до установки ФОБОС, создается система каналов транспортировки выведенного пучка.

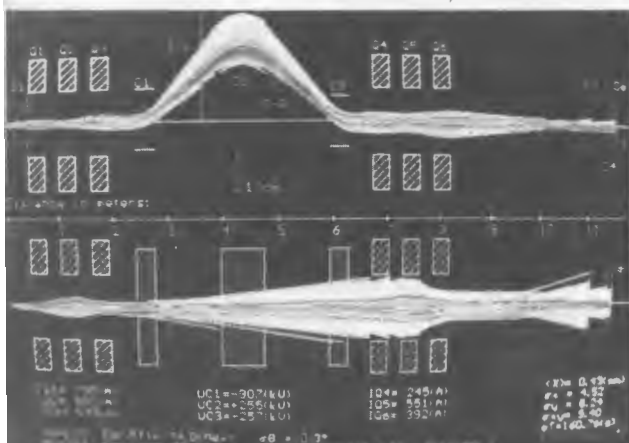
Для расширения диапазона ускоряемых на У-400М ионов и повышения энергии в лаборатории создан ECR-источник DECRIS; кроме того, более мощный ECR-источник создается в коллаборации с национальным центром ГАНИЛ. Использование ECR-типа источников тяжелых ионов также позволит существенно сократить расход дорогих разделенных изотопов, используемых в работах по синтезу тяжелых элементов или экзотических ядер. Для получения и транспортировки пучков радиоактивных (вторичных) ядер создается фрагмент-сепаратор КОМБАС, обладающий высокой разрешающей способностью.

Проект дальнейшего развития ускорительного комплекса лаборатории связан с получением пучков радиоактивных ядер в тандемном режиме работы ускорителей У-400М — У-400 и созданием накопительного кольца в качестве третьей ступени. Предполагается, что комплекс позволит при работе с радиоактивными ядрами существенно повысить светимость (вплоть до  $10^{30} \text{ см}^2 \cdot \text{с}^{-1}$ ) при высокой монохроматичности ( $\Delta E = 10^{-5} E_0$ ).

**Основные научные направления.** Синтез новых элементов, изучение химии новых трансфермиевых элементов и радиоактивного распада тяжелых ядер, лежащих вдали от линии  $\beta$ -стабильности, является главным направлением исследований в области ядерной физики ЛЯР. Многие фундаментальные работы связаны с синтезом новых химических элементов второй сотни. Комиссия ИЮПАП и ИЮПАК признала приоритет Дубны в открытии элементов 102—105 и отметила большой вклад ОИЯИ в открытие элементов 106—108. Номенклатурная комиссия и бюро ИЮПАК присвоили 104-му элементу название дубний (Db). Этим признается выдающийся вклад в химию и современную ядерную физику международного научного центра в Дубне. Эксперименты в этом направлении проводятся, в первую очередь, на двух кинематических сепараторах ядер отдачи, характеризующихся большим акцептансом и высокой



Экспериментальная установка ГНС (газонаполненный сепаратор)



Канал транспортировки выведенного пучка ионов из ускорителя У-400М к установке ФОБОС

Снимок с экрана дисплея установки «Василиса»



Юстировка приборов в вакуумной камере установки ФОБОС

селективностью: электростатическом сепараторе «Василиса» и газонаполненном сепараторе (ГНС). С помощью многопараметровых специализированных детекторных систем, расположенных в фокальной плоскости этих установок, можно с высокой точностью определить время жизни новых ядер и характеристики их радиоактивного распада. В качестве примера можно указать, что наблюдение одного события на этих установках при облучении мишени в течение 24 часов ионами  $^{22}\text{Ne}$ ,  $^{26}\text{Mg}$ ,  $^{27}\text{Al}$  со средней интенсивностью  $I = 2 \cdot 10^{13} \text{ с}^{-1}$  эквивалентно сечению  $\sigma = 2 \cdot 10^{-35} \text{ см}^2$ . В настоящее время на этих установках подготовлена и проводится серия экспериментов по синтезу элементов 105—108. Важным результатом 1993-94 года является экспериментальное обнаружение «острова стабильности» сверхтяжелых элементов вблизи деформированной нейтронной оболочки с  $N = 162$ . В совместных Дубна — Ливермор экспериментах на сепараторе ГНС, установленном на пучке ионов ускорителя У-400, в реакциях  $^{248}\text{Cm} + ^{22}\text{Ne}$  и  $^{238}\text{U} + ^{34}\text{S}$  были синтезированы наиболее тяжелые изотопы элементов 104, 106 и 108. Свойства радиоактивного распада этих ядер указывают на возрастание их стабильности по отношению к спонтанному делению.

С использованием экспрессных методов газовой термохроматографии и водной химии проводится изучение химических свойств короткоживущих трансактинидных элементов с  $Z = 104$ —106. Методом трековых детекторов исследуется новый вид спонтанного распада тяжелых ядер с вылетом кластеров: изотопов углерода, неона, магния, кремния.

Интенсивные пучки тяжелых ионов открывают новые перспективы для изучения ядер, удаленных от линии  $\beta$ -стабильности. Большое внимание уделяется проблеме определения границы нейтронной стабильности атомных ядер легчайших элементов (поиски мультинейтронных систем, тяжелых изотопов водорода, гелия, лития и т.д.). На спектрометре МСП-144 проводятся исследования структуры нейтроноизбыточных изотопов легких элементов, изучение упругого рассеяния и сечения реакций взаимодействия вторичных пучков радиоактивных ядер с ядрами мишени. В коллаборации с национальным центром ГАНИЛ (Кан) на пучках ионов  $^{48}\text{Ca}$  и  $^{64}\text{Ni}$  проводятся измерения массы, радиусов и периодов полураспада большого числа новых нейтронообогатенных изотопов легких ядер. Важным результатом явилось получение и измерение массы дважды магического ядра  $^{100}\text{Sn}$ . На двухплечевом время-пролетном спектрометре установки ДЭМАС получены новые результаты по изучению динамики деления возбужденных ядер в области атомных

номеров  $Z$  от 50 до 104. Для исследования свойств экзотических ядер развиваются методы лазерной спектроскопии. Для ряда изотопов редкоземельных и актинидных элементов проводятся эксперименты по определению зарядовых радиусов.

Исключительное разнообразие ядерных реакций, протекающих при взаимодействии тяжелых ионов с ядрами, позволяет исследовать ядра в экзотических состояниях, резко отличающихся от основных по деформации, энергии возбуждения и угловому моменту. Программа исследований лаборатории включает в себя исследования с экзотической мишенью  $^{178}\text{Hf}^{m2}$ . На циклотроне У-200 было накоплено около  $10^{15}$  ядер в изомерном состоянии  $^{178}\text{Hf}^{m2}$ ,  $I^\pi = 16^+$ ,  $T_{1/2} = 31$  год. Из них изготовлено несколько мишеней.

Проведена серия экспериментов по изучению свойств  $\gamma$ -,  $n$ -,  $p$ -,  $d$ - и т.д. реакций взаимодействия с ядрами, находящимися в высокоспиновом состоянии.

Работы по синтезу новых тяжелых элементов и изотопов проводятся в сотрудничестве с ЛЛНЛ (Ливермор) и ГСИ (Дармштадт), совместно с химиками из ИЯФ (Орсэ), ИЯФ (Краков), ИАФ (Бухарест), Университета в Майнце и многими другими. Серия экспериментов по изучению легчайших ядер и делению ядер была выполнена в сотрудничестве с учеными Института Гана — Майтнер (Берлин), новые результаты получены в сотрудничестве с ИЯФ (Алма-Ата), РИ (Санкт-Петербург), ФЭИ (Обнинск), ФЦ (Россендорф). Исследования на экзотической мишени  $^{178}\text{Hf}^{m2}$  проводятся в коллаборации с институтами ядерной физики и ядерной спектроскопии (Орсэ) и ГСИ (Дармштадт).

**Прикладные исследования.** При Лаборатории ядерных реакций существует Исследовательский центр прикладной ядерной физики (ИЦПЯФ), где проводятся работы по созданию различных типов ядерных трековых мембран, исследованию взаимодействия тяжелых ионов с веществом, производству радиоизотопов для медицинских целей и активационному анализу.

Для имитации радиационных дефектов, образующихся при взаимодействии нейтронов с ядрами, исследуются макроскопические изменения в свойствах металлов и кристаллов, возникающие при облучении тяжелыми ионами с энергией 1—15 МэВ/нуклон.

Ядерные трековые мембраны (или ядерные фильтры) производятся в ИЦПЯФ при облучении различных полимерных материалов, в основ-



ном поликарбонатов и полиэтиленерефталатных пленок, тяжелыми ионами. Разрабатываются методы производства ядерных фильтров с новыми структурными и химическими свойствами.

Разработана технология производства  $^{123}\text{I}$  как радиофармакологического препарата для медицинских целей. Для исследования метаболизма Pu в человеческом организме разработан метод получения суперчистого изотопа  $^{237}\text{Pu}$ , в котором содержание изотопов  $^{236}\text{Pu}/^{237}\text{Pu}/^{238}\text{Pu}$  составляет  $2 \cdot 10^{-7}/1/3 \cdot 10^{-7}$ . Ведутся работы по получению радиохимически чистых препаратов  $^{236}\text{Pu}$ ,  $^{175}\text{Hf}$ ,  $^{26}\text{Al}$  для медицинских и радиэкологических исследований.

**Экспериментальная аппаратура.** 4π-спектрометр заряженных частиц **ФОБОС**, созданный в Дубне в коллаборации с ФЦ (Россендорф), Лабораторией технического развития физики (София) и Институтом Гана — Майтнер (Берлин), предназначен для изучения ядерных реакций под действием тяжелых ионов с энергией 10—100 МэВ/нуклон и установлен в зале ускорителя У-400М. Детектирующая система установки включает в себя 30 газовых позиционно-чувствительных лавинных счетчиков, 30 аксиальных ионизационных камер, в дальнейшем предполагается создать внешнюю оболочку из 190 сцинтилляционных счетчиков, а в переднем направлении — стенку с использованием фосфич-детекторов. В конце 1994 г. на выведенном пучке ионов  $^{15}\text{N}$  с энергией 35 МэВ/нуклон ускорителя У-400М проведены первые физические эксперименты по изучению тройного деления ядер с вылетом легких заряженных фрагментов. В этих экспериментах в установке использовалось 18 измерительных модулей и 80 сцинтилляционных CsI-счетчиков.

В конце 1994 года на канале выведенного пучка ускорителя У-400М установлен сцинтилляционный 4π-спектрометр высокого разрешения, предназначенный для изучения динамики неравновесных процессов при промежуточной энергии, созданный в коллаборации с ЛЯП ОИЯИ, ИЯФ (Ржеж) и LAMPF (Лос-Аламос). Установка включает в себя шар из 30 модулей VGO-фосфич-детекторов для измерения спектров энергии и множественности частиц, стенку из 19 плотно упакованных модулей VGO-фосфич-детекторов для измерения малоугловых двухчастичных корреляций заряженных частиц и 12-секторного детектора для измерения выхода фрагментов реакций в передних углах.

## Лаборатория нейтронной физики им. И. М. Франка

Директор — профессор В. Л. Аксенов

Телефон: (7-095) 924-39-14

Факс: (7-09621) 65-085

Телекс: 911621 DUBNA SU

E-mail: aksenov@lnp11.jinr.dubna.su

В 1960 г. с запуском импульсного реактора на быстрых нейтронах (ИБР) была успешно реализована идея создания принципиально нового источника нейтронов для исследований в области ядерной физики. При непрерывном совершенствовании и развитии экспериментальной базы в ЛНФ были последовательно созданы нейтронный источник высокого разрешения **ИБР-30** (1969 г.) с линейным электронным ускорителем в качестве инжектора, а в 1984 г. введен в эксплуатацию высокопоточный реактор **ИБР-2**, являющийся в настоящее время главной базовой установкой ЛНФ. ИБР-2 характеризуется следующими параметрами: средняя мощность — 2 МВт; пиковая мощность — 1500 МВт; рабочая частота — 5 Гц; плотность потока тепловых нейтронов в пике —  $10^{16}$  н·см $^{-2}$ ·с $^{-1}$ ; время работы для пользователей — 2500 ч/год. Такой поток нейтронов является рекордным.

Сегодня научная деятельность сотрудников ЛНФ сосредоточена, главным образом, на двух направлениях: физике конденсированных сред и ядерной физике.

Одним из наиболее плодотворных направлений является структурная нейтронография. Дифракционные эксперименты в основном проводятся на действующем с 1984 г. дифрактометре **ДН-2** (плотность потока нейтронов на образце —  $10^7$  н·см $^{-2}$ ·с $^{-1}$ , область рабочих длин волн  $1,2+20$  Å, углы рассеяния от  $10^\circ$  до  $160^\circ$ , разрешение 1% при  $d = 2$  Å). Здесь были проведены фундаментальные исследования структур высокотемпературных сверхпроводников, а также процессов, происходящих при их образовании. В 1992 г. вступил в строй **фурье-дифрактометр ФДВР**. По основным параметрам ФДВР находится в одном ряду с лучшими в мире действующими дифрактометрами (плотность потока нейтронов на образце —  $10^7$  н·см $^{-2}$ ·с $^{-1}$ , рабочие длины волн  $0,9+12$  Å,

разрешение  $\sim 5 \cdot 10^{-4}/d$  в области межплоскостных расстояний  $d$  от 0,5 до 6 Å). Тематика исследований на ФДВР включает в себя прецизионные исследования структуры кристаллов, исследования фазовых переходов в кристаллах в широком диапазоне внешних условий, исследования переходных процессов.

В 1993 г. были начаты эксперименты на специализированной установке ДН-12, предназначенной для изучения дифракции на образцах, находящихся под воздействием высокого давления. Кольцевой детектор с большим телесным углом позволяет получить хорошую статистику в спектре от образцов весом около 1 мг при давлении до 100 кбар.

Установка малоуглового рассеяния нейтронов МУРН хорошо известна в научных кругах мира. Список проблем, изучаемых с ее помощью, необычайно широк. Он включает в себя как чисто фундаментальные исследования физики конденсированных сред, так и прикладные задачи. Здесь проведены циклы исследований полиэлектролитов, растворов мицелл, металлических стекол, биополимеров.

Нейтронная рефлектометрия является одним из бурно развивающихся в последние десятилетия методов исследования свойств поверхностей твердых тел, жидкостей и пленок. В ЛНФ успешно функционирует уникальный спектрометр поляризованных нейтронов СПН, в котором поляризация пучка до 95%-го среднего по спектру значения осуществляется изогнутым поляризатором, и при этом производится анализ конечной поляризации в области длин волн  $0,8+10$  Å.

Установки для исследования неупругого и квазиупругого рассеяния нейтронов охватывают широкий диапазон передачи энергии (0+500 мэВ) и импульса ( $0,1+10$  Å<sup>-1</sup>) и позволяют получить разрешение от 1 до 10%. Спектрометры ДИН, работающие по принципу «прямой геометрии» (монохроматизация падающих и анализ энергии рассеянных нейтронов), используются как для исследования колебательных спектров при высоких температурах (300+1500 К), так и для исследования закона рассеяния в сверхтекучем гелии.

На спектрометрах «обратной геометрии» КДСОГ и НЕРА-ПР, анализирующих энергию падающих нейтронов при фиксированной энергии рассеянных, возможны одновременные исследования неупругого, квазиупругого рассеяния и дифракции нейтронов в зависимости от температуры (4+400 К) и давления (1+1000 кбар). На этих спектрометрах ведутся исследования фазовых переходов в конденсированных средах, фононных спектров кристаллических и аморфных веществ, вибрационных спектров молекул, магнитных возбуждений кристаллического поля.

Дифрактометр высокого разрешения НСВР является лучшим в мире инструментом для изучения текстурированных материалов и кинетики их деформирования.

Уникальным оборудованием оснащен дифрактометр СНИМ-2. На нем ведутся исследования монокристаллов под воздействием внешнего сильного магнитного поля, которое подается импульсами, синхронизированными во времени с импульсом мощности реактора ИБР-2. Малая длительность импульсов позволяет создать амплитуду магнитного поля до 25 Тл.

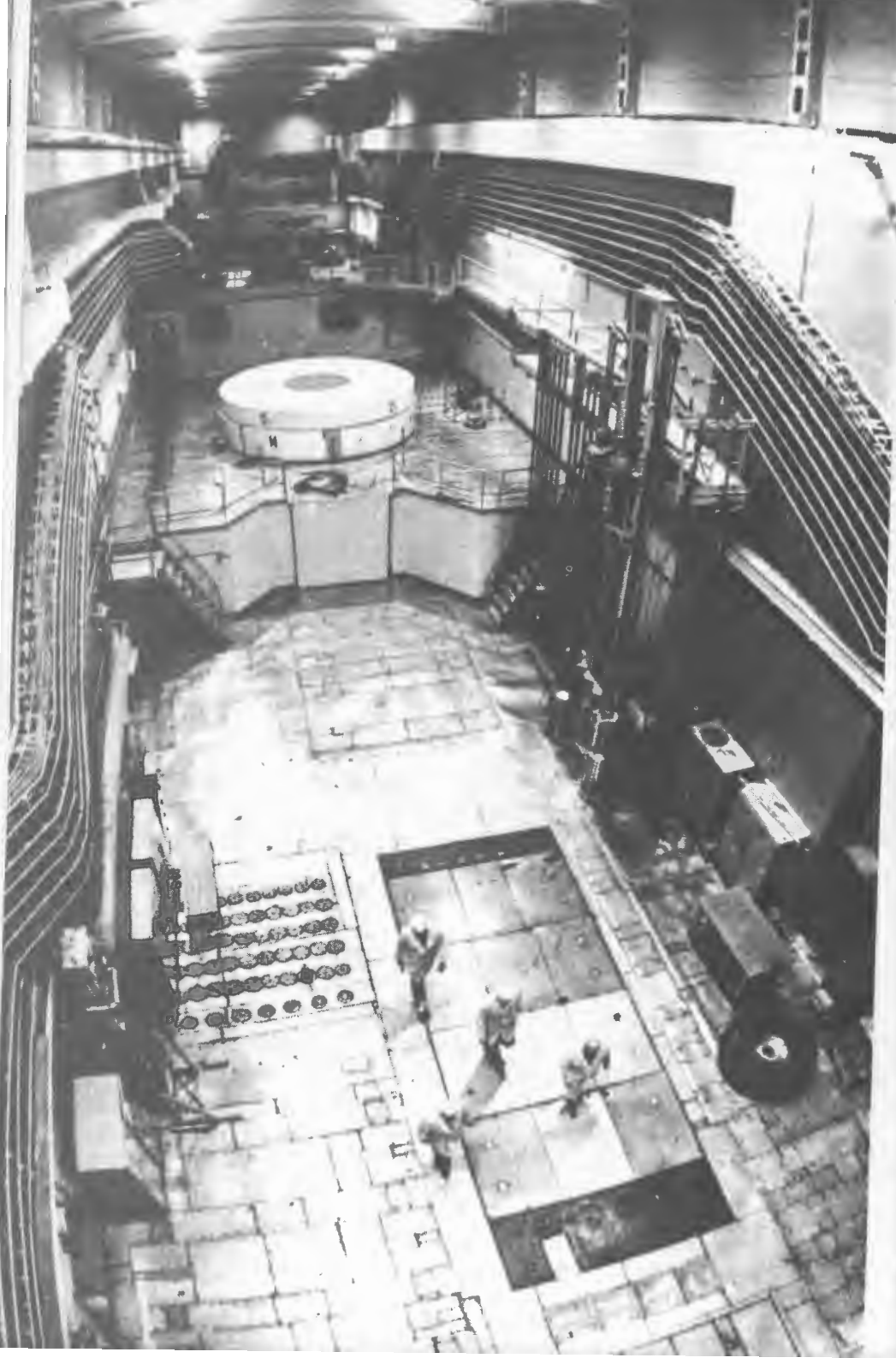
К другому кругу задач, которые решаются с помощью нейтронных пучков ИБР-2, можно отнести их использование в радиационном анализе в охране окружающей среды, а также применение нейтронографических методов в неразрушающих способах технологического контроля.

В октябре 1992 г. на ИБР-2 состоялся физический пуск криогенного замедлителя нейтронов с температурой рабочей среды (твердого метана) 20 К. Это позволяет оптимизировать эксперименты по рабочему диапазону длин волн, так как выход тепловых нейтронов с длинами волн от 5 до 10 Å возрос от 2 до 10 раз соответственно.

В последнее время весьма динамично развивается и другая традиционная для ОИЯИ тематика — нейтронная ядерная физика. Разнообразные методики по времени пролета на импульсных реакторах ИБР-30 и ИБР-2, использование поляризованных и ультрахолодных нейтронов на других источниках позволяют изучать как фундаментальные свойства нейтрона (электрическую поляризуемость, среднеквадратичный радиус,  $(n-e)$ -взаимодействие, время жизни), так и свойства фундаментальных взаимодействий (нарушение пространственной четности в реакциях с нейтронами).

На установке ПОЛЯНА (поляризация — до 0,6; число нейтронов на образце —  $3 \cdot 10^5 E^{-0,9}$  н·с<sup>-1</sup>·эВ, где  $E$  — энергия в эВ; температура измерений — до 30 мК; магнитные поля — до 2 Тл, поляризация мишени — до 10%) реализуется программа по изучению нарушения пространственной четности и временной инвариантности в реакциях, вызванных нейтронами.

Оригинальная методика спектроскопического анализа двухступенчатых фотонных каскадов на установке КАСКАД позволяет регулярно получать недоступную другими методами информацию о дипольных фотонных силовых функциях первичных  $\gamma$ -переходов, изучать нестатические эффекты, связанные со структурой и вероятностями распада



Реакторный зал ИБР-2



Спектрометр для исследований фазовых переходов  
и молекулярной динамики кристаллов

Литиевый детектор фурье-дифрактометра высокого разрешения



высоковозбужденных состояний ядер, получать уникальные по полноте спектры возбужденных ядер.

На спектрометре ПАРКС с помощью специально разработанных ионизационных камер изучаются индуцированные нейтронами реакции с вылетом заряженных частиц на радиоактивных ядрах мишени, а также эффекты нарушения пространственной четности на легких ядрах с точностью до  $10^{-8}$ .

Многодетекторная установка РОМАШКА, регистрирующая  $\gamma$ -кванты после захвата нейтронов, используется для изучения множественности  $\gamma$ -лучей в нейтронных резонансах, измерения параметров нейтронных резонансов и получения ядерных данных, необходимых для конструирования реакторов.

Установки ДЕЛРЕНЕ—ДРЕНИЗ позволяют получать характеристики осколков деления резонансными нейтронами, мгновенных  $\gamma$ -квантов и нейтронов деления, а на реакторе ИБР-2 — и быстрой компоненты запаздывающих нейтронов деления.

Начала работать уникальная, выстроенная при температуре 0,1 К, ядерная мишень  $^{235}\text{U}$ , позволяющая измерять энергетическую зависимость угловой анизотропии вылета осколков деления, которая имеет принципиальное значение для установления механизма процесса.

Для удобства пользователей экспериментальных установок в ЛНФ выпущен и регулярно обновляется сборник «User Guide (Neutron Experimental Facilities at JINR)», в котором подробно описаны технические характеристики базовых установок ЛНФ. По запросам физиков высылаются специальная форма «Application for beam time». На основе полученных предложений устанавливаются приоритеты в распределении времени на спектрометрах.

Интернациональный коллектив ЛНФ, объединяющий 540 человек, успешно решает крупные проблемы современной физики. Лаборатория нейтронной физики им. И.М.Франка является на сегодняшний день активным членом мирового сообщества физиков-нейтронщиков.

## Лаборатория вычислительной техники и автоматизации

Директор — профессор Р.Позе

Телефон: (7-09621) 62-218

Факс: (7-09621) 65-145

Телекс: 911621 DUBNA SU

E-mail: rpose@lcta2.jinr.dubna.su

**Основная задача лаборатории** — обеспечение компьютерной, сетевой, алгоритмической и программной поддержкой проводимых в ОИЯИ экспериментальных и теоретических исследований.

**Приоритетные направления научно-технической деятельности:**

- развитие информационно-вычислительной инфраструктуры ОИЯИ (средства вычислительной и коммуникационной техники, математическое и информационное обеспечение компьютерных комплексов для экспериментальных и теоретических исследований);
- исследования нелинейных проблем вычислительной и математической физики, разработка методов, алгоритмов и создание на этой основе баз данных, методов и пакетов программ для проводимых в ОИЯИ экспериментов и теоретических расчетов;
- развитие средств сопряжения с международными компьютерными сетями для обеспечения Института оперативной связью с научными центрами мирового сообщества ученых.

Основу информационно-вычислительной инфраструктуры ОИЯИ составляют Центральный вычислительный комплекс (ЦВК) ОИЯИ с графическим центром, локальные измерительно-вычислительные центры в лабораториях и подразделениях Института, средства компьютерной и терминальной связи.

**В состав ЦВК ОИЯИ входят (рис.1):**

- распределенный UNIX-сервер на базе ЭВМ CONVEX-220 и CONVEX-120, SUN SPARC station II и microVAX;
- кластер из трех ЭВМ типа VAX;
- многомашинный комплекс ЕС ЭВМ, в составе которого имеется два матричных процессора с производительностью до 20 Mips на векторных операциях;

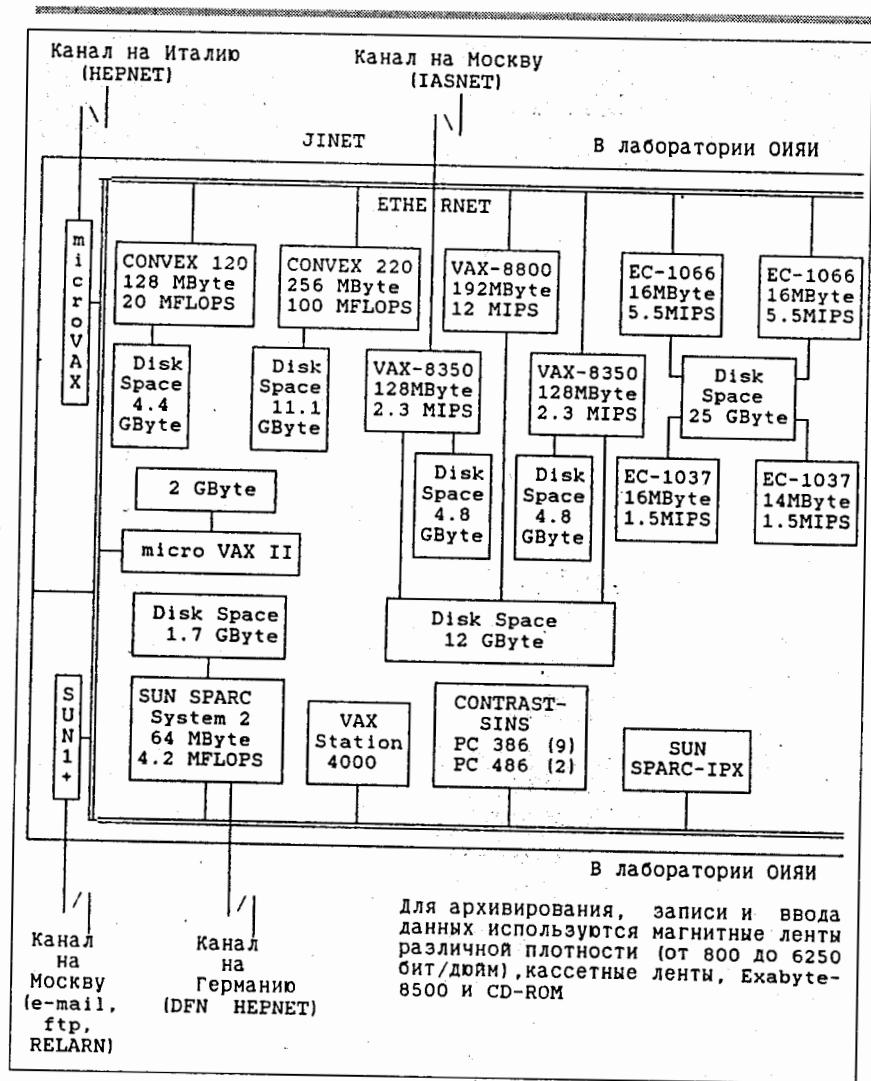


Рис.1. Центральный вычислительный комплекс ОИЯИ

- VAX station-4000;
- SUN SPARC-IPX stations (2 шт.);
- комплекс рабочих станций КОНТРАСТ-СИНС.

Основная задача UNIX-сервера заключается в обеспечении на базе единого интерфейса в среде UNIX пользователей локальной сети ОИЯИ вычислительным, программным, файловым и информационным сервисом. Для этого планируется приобретение интегрированной многопроцессорной системы на базе C220 с двумя RISC-процессорами HP/735, многопроцессорного сервера SUN SPARC 1000, расширение дискового пространства и системы массовой памяти на базе устройств типа EXABYTE-8500.

Средства вычислительной техники подразделений Института (ЭВМ измерительно-вычислительных центров лабораторий, станции SUN и VAX, микроVAX, персональные ЭВМ класса IBM PC XT/AT/286/386/486) являются абонентами сетей JINET (Joint Institute Network) и ETHERNET.

Программное обеспечение комплекса включает сетевые пакеты, реализующие протоколы DECNET, TCP/IP, X.25, NETWARE; традиционные системы программирования, СУБД, библиотеки программ CERNLIB, NAGLIB и другое прикладное программное обеспечение, используемое в физических центрах для проведения экспериментальных и теоретических исследований, в том числе пакеты программ для анализа и управления данными, моделирования электронных экспериментов, поддержки больших программных комплексов, представления данных и др. На ЭВМ CONVEK создан и поддерживается архив свободного программного обеспечения.

Наряду с обеспечением доступа к уже имеющейся базе данных по физике частиц PPDS, информационной подсистеме INIS и международной системе WWW, ведутся работы по созданию комплексной информационной системы, которая обеспечит доступ к другим международным базам данных, электронному каталогу научно-технической библиотеки ОИЯИ и прочим источникам информации с автоматизированных рабочих мест физиков.

Локальная сетевая инфраструктура ОИЯИ подключена к международным компьютерным сетям через выделенные и коммутируемые наземные и спутниковые каналы связи (рис.2). Каналы работают по международному протоколу TCP/IP и предоставляют средства удаленного входа в ЭВМ (в том числе и зарубежные), обмена электронной почтой, материалами телеконференций, файлами данных и программами.

Для обеспечения участников совместных международных экспериментов более эффективной оперативной связью на базе ОИЯИ, станции космической связи в Дубне (СКС-2) и завода «Тензор» реализованы два



Дирекция ЛВТА: В.В.Кореньков, профессор Р.Позе (ФРГ), профессор И.В.Пузынин



Научный семинар в Отделе вычислительной математики

Зал ЭВМ CONVEX



Станция космической связи



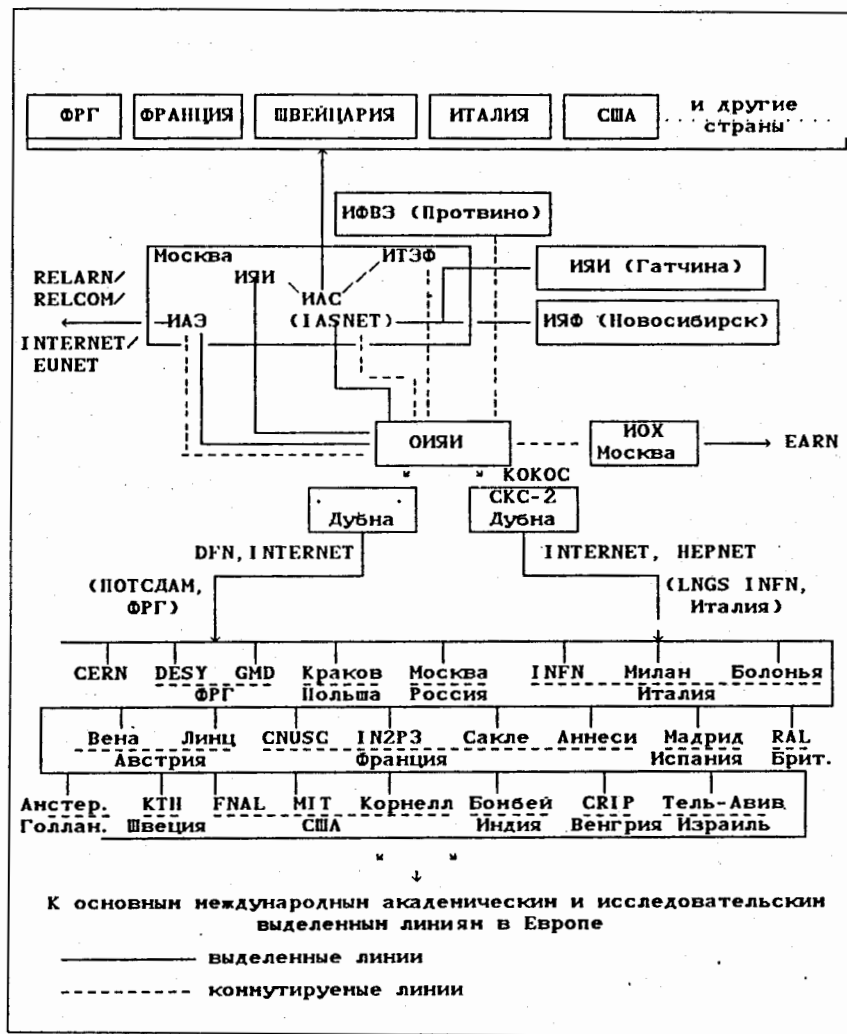


Рис.2. Схема связей ОИЯИ с международными компьютерными сетями Европы, Америки и с ядерными центрами России

канала спутниковой связи. Один обеспечивает прямой выход на вычислительные центры Германии, второй — Италии, а через них доступ к другим международным компьютерным сетям. Эти каналы открывают сотруд-

никам ОИЯИ доступ в интерактивном режиме к мощным компьютерам и информационным базам данных научных центров Европы и мира.

Важное место в научной программе лаборатории занимают:

- математическое моделирование ядерно-физических процессов, физических явлений, экспериментальных установок;
- разработка новых численных и аналитических методов решения задач, возникающих при проведении теоретических исследований;
- создание баз данных, алгоритмов и прикладных программ;
- интеграция численных, символьных и графических методов анализа математических моделей, физических явлений и экспериментальных данных;
- исследования нелинейных моделей физики;
- разработка, развитие и сопровождение программного обеспечения для проводимых в лабораториях ОИЯИ экспериментальных исследований;
- внедрение современных программных средств и технологий.

Одним из важнейших разделов научной программы ЛВТА является разработка алгоритмов и методов, в частности для решения нелинейных интегродифференциальных уравнений. В настоящее время в ЛВТА имеется широкоизвестная школа в области вычислительной математики, проводящая исследования в современных перспективных направлениях, например в компьютерной алгебре.

Лаборатория имеет ряд соглашений о проведении совместных работ с Европейской организацией ядерных исследований (ЦЕРН), рядом крупных научных центров Германии (GMD, Санкт-Аугустин; FZ, Россендорф; DESY-IHEP, Цойтен), другими институтами и организациями, а также фирмой CONVEX.

Как и на протяжении многих предшествующих лет, лаборатория обеспечивает обработку फिल्मовой информации с трековых камер и гибридных систем.

---

## ДУБНА

Город Дубна, где находится Объединенный институт ядерных исследований, — ровесник Института.

История города тесно связана с важнейшими событиями в жизни ОИЯИ. Улицы Дубны носят имена известных ученых-физиков: Курчатова, Жолио-Кюри, Векслера, Блохинцева, Боголюбова, Флерова, Франка, Понтекорво.

Город расположен на живописных берегах реки Волги. Современный облик города гармонично сочетается с тишиной окружающего леса.

Приезжающие в Дубну специалисты продолжают исследования, начатые в своих странах, а также принимают участие в работах по научной программе ОИЯИ. Здесь создаются прецизионные приборы и огромные экспериментальные установки для получения уникальных данных о строении материи и о силах взаимодействия в природе.

Международные научные симпозиумы, конференции и семинары, проводимые в Дубне, рождают новые идеи и новые открытия.

Дубна славится своим гостеприимством. Ученые, государственные и общественные деятели, писатели, артисты, все, кто приезжает в этот замечательный город, — желанные гости. Удачное географическое расположение и хорошие природные условия дают возможность сочетать работу с отдыхом в любое время года.

Приглашаем в Дубну!

---







На Волге

Дом международных совещаний





Панорама Дубны

0/7

Ответственный за подготовку буклета — Б.М.Старченко

*Буклет подготовили:*

*В.А.Бирюков  
Н.П.Боголюбова  
Т.Я.Жабицкая  
В.И.Журавлев  
П.И.Зарубин  
В.Г.Иванов  
Е.И.Корнилов  
Б.И.Пустыльник  
В.С.Румянцев  
М.Г.Шафранова*

*Фото*

*Ю.А.Туманова  
Н.М.Горелова  
Е.В.Сметаниной*

*Обложка Ю.Г.Мешенкова, Ю.А.Туманова*

**94-287**

Редактор **Е.В.Калинникова**  
Рукопись поступила 22.07.94  
Подписано в печать 27.10.94  
Формат 60 84/16. Офсетная печать. Уч.-изд.листов 4,6  
Тираж 1500. Заказ 47689. Бесплатно  
Издательский отдел  
Объединенного института ядерных исследований  
Дубна Московской области