

Институт ядерной физики им.Г.И.Будкера (ИЯФ им.Г.И.Будкера)
Budker Institute of Nuclear Physics (BINP)

Создан 21 февраля 1958г.

Адресные данные: 630090, Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева, 11
телефон 34-10-31
факс 34-21-63
e-mail director@inp.nsk.ru

Директор – ак Скринский Александр Николаевич

Заместители директора по науке:

чл.-к. РАН Балакин Владимир Егорович

ак. Кругляков Эдуард Павлович

чл.-к. РАН Кулипанов Геннадий Николаевич

д. ф.-м. н. Тихонов Юрий Анатольевич.

Общая численность Института – 3064 чел. в т.ч. н.с. 469, д. н. 46, к.н. 162

Основные научные направления:

- физика высоких энергий
- развитие метода встречных электрон-позитронных пучков
- физика плазмы и управляемый термоядерный синтез
- синхротронное излучение и лазеры на свободных электронах.

Лаборатории Института:

лаб. 1-1 (д. ф.-м.н. Г.И. Сильвестров)

лаб. 1-3 (к. ф.-м.н. Е.Б.Левичев)

лаб. 2 (д. ф.-м.н. Б.И.Хазин)

лаб. 3-0 (д. ф.-м.н. Ю.А.Тихонов)

лаб. 3-1 (д. ф.-м.н. С.И.Середняков)

лаб. 3-2 (д. ф.-м.н. А.П.Онучин)

лаб. 3-3 (к. ф.-м.н. А.Е.Бондарь)

лаб. 4 (чл.-к. РАН В.Е. Балакин)

лаб. 5 (чл.-к. РАН Н.С. Диканский)

лаб. 6 (к.т.н. А.С. Медведко)

лаб. 8-0 (чл.-к. РАН Г.Н. Кулипанов)

лаб. 8-1 (д. ф.-м.н. Н.А. Винокуров)

лаб. 9-0 (ак. Э.П. Кругляков)

лаб. 9-1 (д. ф.-м.н. А.А. Иванов)

лаб. 9-7 (к. ф.-м.н. В.И. Давыденко)

лаб. 10 (д. ф.-м.н. В.С. Койдан)

лаб. 11 (д. ф.-м.н. Ю.М. Шатунов)

лаб. 12 (д.т.н. Р.А. Салимов)

лаб. 14 (д.т.н. В.Л. Ауслендер)

Теоретический отдел (д. ф.-м.н. В.С.Фадин)

НКО (к.т.н. К.К. Шрайнер)

Отдел вычислительных систем (к.т.н.

Б.Н.Шувалов)

Основные результаты:

1. Комплекс ВЭПП-4М и детектор КЕДР:

В ИЯФ СО РАН на накопителе ВЭПП-4М с детектором КЕДР проведено прецизионное измерение масс J/Ψ и Ψ' -мезонов. Прецизионное измерение масс элементарных частиц имеет как фундаментальное значение, создавая реперы на шкале масс элементарных частиц, так и находит практическое применение при калибровке энергии ускорителей. Измерение энергии частиц в накопителе проводилось методом резонансной деполяризации пучков, предложенным А.Н. Скринским в 1975 году. Абсолютная калибровка энергии в методе резонансной деполяризации производится по измерению частоты прецессии спина частицы, которая связана с энергией частицы. Проведена серия сканирований по энергии с регистрацией событий рождения J/Ψ и Ψ' -мезонов с помощью детектора

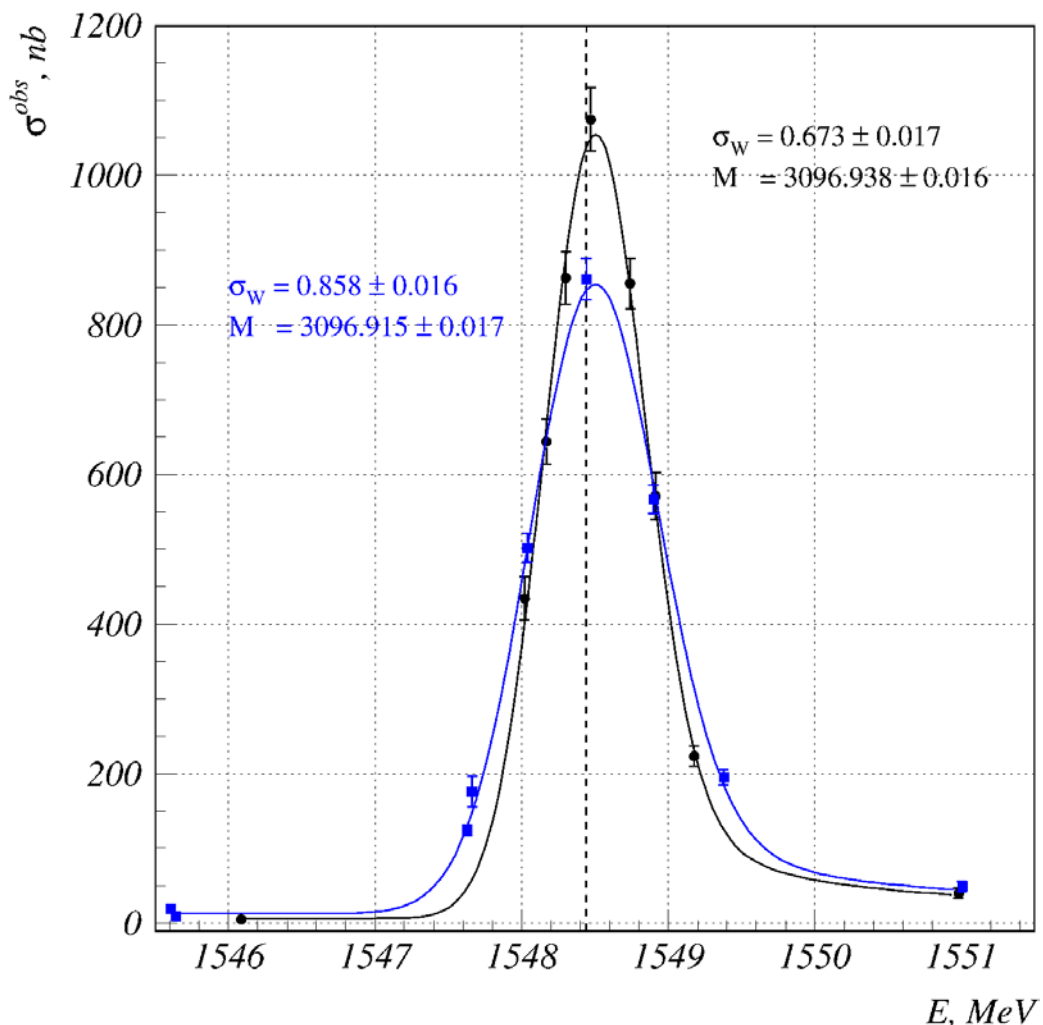


Рис.1 Наблюдаемое адронное сечение для двух сканирований J/Ψ с различными разбросами энергии в пучке.

Достигнутая точность измерения массы J/Ψ и Ψ' -мезона превосходит среднемировую в 3 и 4 раза, соответственно. Относительная точность измерения массы J/Ψ -мезона в нашем эксперименте составила 4×10^{-6} , что является абсолютным рекордом точности для частиц – резонансов (точнее измерены только массы электрона, протона и нейтрона).

2. Создание лазеров на свободных электронах (ЛСЭ) и Сибирского центра фотохимии:

Завершен один из ключевых этапов в создании мощного (до 100 кВт в инфракрасном спектре излучения) лазера на свободных электронах (ЛСЭ). В режиме, близком к проектному, заработал линейный ускоритель – рекуператор на энергию 14 МэВ, охваченный замкнутой магнитной дорожкой со встроенным ондулятором (рис.1). Получен режим глубокой рекуперации, когда ускоренный ВЧ –структурой электронный сгусток после одного оборота возвращается в тормозящей фазе и отдает этой структуре, практически, все 100 % набранной энергии.

Подготовлено оборудование для создания в 2003 году на имеющейся дорожке первой очереди ЛСЭ, работающего в субмиллиметровом диапазоне (200 – 100 микрон) со средней мощностью в несколько киловатт.



Рис.2 Ускоритель-рекуператор на 14 МэВ со встроенным ондулятором

3. Электронное охлаждение пучков тяжелых ионов:

Дальнейшее развитие получил метод электронного охлаждения, предложенный Г.И. Будкером и разработанный в ИЯФ, основанный на отборе тепловых колебаний ионов холодным электронным пучком, движущимся с той же скоростью, что и ионы. Создан полый электронный пучок, при охлаждении которым сильно уменьшаются рекомбинационные потери уже накопленного и охлажденного ионного пучка, имеющего малый диаметр, т.к. в области его местонахождения создается достаточно малая электронная плотность (Рис.2). В августе - сентябре 2002 был произведен успешный запуск такого охладителя в ИЯФ, и в октябре охладитель отправлен в Китай для ускорительного комплекса тяжелых ионов. Успешная реализация нового охладителя показала, что это решение сильно опередило в научном плане разрабатываемый в ЦЕРН (Швейцария) охладитель для накопления ионов свинца. Было заключено соглашение между ЦЕРН и ИЯФ о подготовке нового проекта с использованием полученного в ИЯФ опыта.

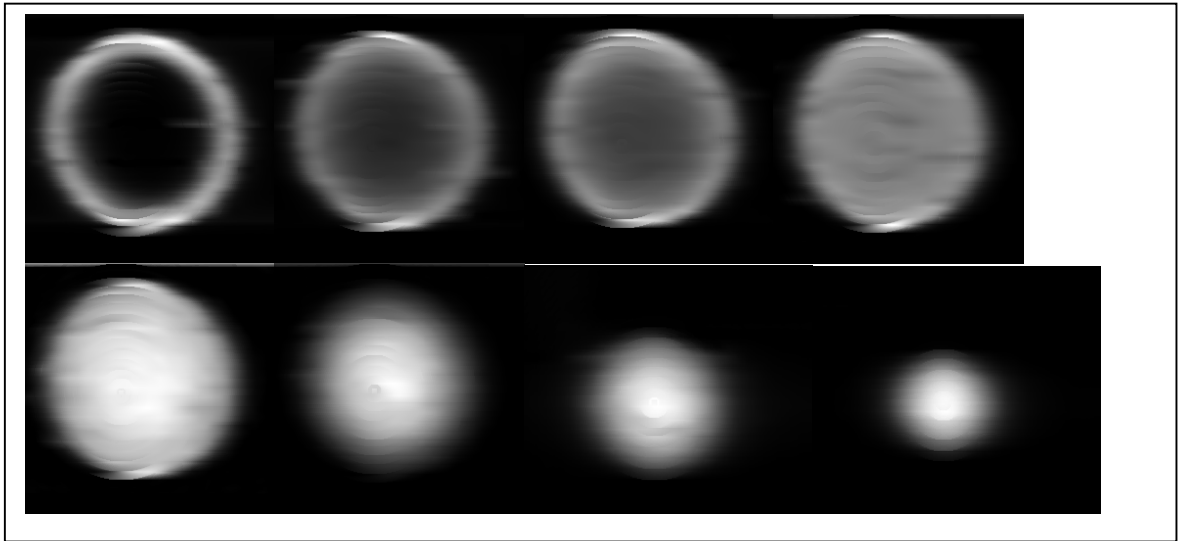


Рис. 3 Фотографии свечения электронного пучка с различными профилями радиально-го распределения тока

4. Удержание и нагрев плазмы в открытых ловушках:

Достигнут значительный прогресс в понимании физики удержания и нагрева плазмы в осесимметричных магнитных ловушках.

Экспериментально продемонстрирована возможность подавления продольной электронной теплопроводности плазмы (установки ГДЛ и ГОЛ-3). В режиме с многопробочной магнитной конфигурацией и при подавленной теплопроводности на установке ГОЛ-3 удалось получить электронную температуру свыше 2 кэВ и ионную температуру порядка 1 кэВ в плотной плазме ($n \approx 10^{21} \text{ м}^{-3}$). Величина β (отношение давления плазмы к давлению магнитного поля) достигла значения 0.4 (АМБАЛ-М, ГДЛ, ГОЛ-3) без каких-либо признаков МГД неустойчивостей..

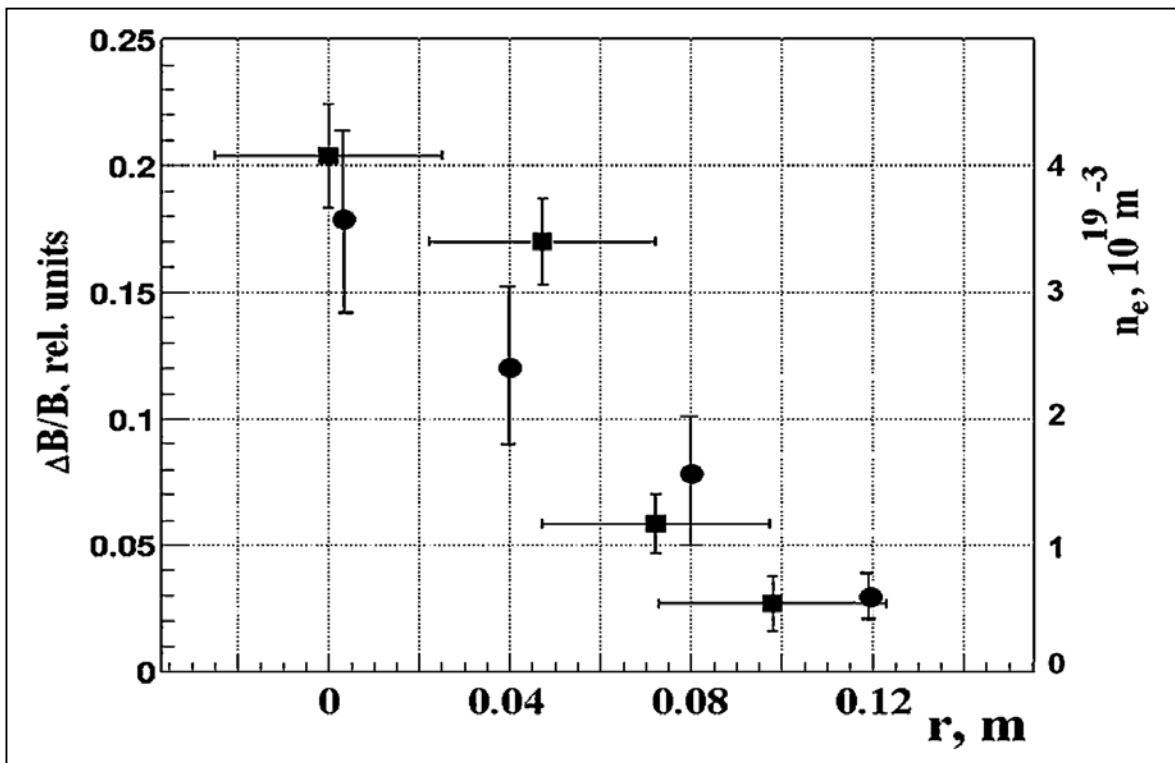


Рис. 4 Радиальный профиль диамагнетизма (квадраты) и плотности плазмы в газодинамической ловушке. Представленные данные соответствуют давлению плазмы на оси более 40% от давления магнитного поля.

5. Промышленный ускоритель ЭЛВ-12 (из раздела Прикладные работы ИЯФ)

Разработан, изготовлен и испытан промышленный ускоритель нового поколения ЭЛВ-12, предназначенный для применения в природоохранных технологиях (Рис. 3). Он имеет следующие параметры: диапазон энергий ускоренных электронов 0.6 - 1.0 МэВ, максимальный ток пучка 400 мА, максимальная мощность выведенного в атмосферу пучка 400 кВт. В мире сегодня имеется всего несколько машин с подобными характеристиками. Проекты установок с использованием ускорителя ЭЛВ-12 для очистки сточных вод (один ускоритель) и очистки отходящих дымов ТЭЦ (здесь планируется одновременная работа нескольких ускорителей) для ряда зарубежных организаций находятся в стадии обсуждения и подготовки.



Рис.5 Внешний вид котлов ускорителя ЭЛВ-12

6. Комплексы ВЭПП-2М, ВЭПП-2000 - детекторы КМД и СНД:

В 2002 году продолжалась обработка экспериментальных данных, накопленных в течение 1993-2000 гг. в экспериментах на ВЭПП-2М с детекторами СНД и КМД-2. Получены новые данные по процессам рождения пар нейтральных и заряженных К-мезонов, а также по сечениям процессов множественного рождения пи-мезонов. Это позволило уточнить вклад адронной поляризации вакуума в аномальный магнитный момент мю-мезона, что является важным шагом в проверке Стандартной модели элементарных частиц.

Закончено изготовление большинства узлов нового коллайдера ВЭПП-2000, начата сборка его магнитной системы.



Рис. 6 Элементы магнитной системы коллайдера ВЭПП-2000

7. Комплекс ВЭПП-5:

На инжекционном комплексе ВЭПП-5 был собран и включён в работу второй ускоряющий модуль форинжектора со всеми подсистемами. В одногустковом режиме на выходе первых двух ускоряющих модулей получено $2 \cdot 10^{10}$ электронов в сгустке. Достигнуты проектные параметры пучка в первом и втором ускоряющих модулях. Были собраны и включены в работу изохронный ахроматический поворот электронного пучка, система конверсии электронов в позитроны и первая ускоряющая структура линейного ускорителя позитронов. Всё это позволило ускорить позитронный пучок до энергии 75 МэВ. В 2002 году завершена сборка кольца накопителя-охлаждителя инжекционного комплекса ВЭПП-5.



Рис. 7 Накопитель-охладитель комплекса ВЭПП-5

В 2002 г., как и в прошлом году, экспериментальные работы на пучках СИ были сосредоточены на накопителе ВЭПП-3, где действовали 10 экспериментальных станций.

На новой экспериментальной станции "Взрывные процессы" продолжен комплекс исследований процессов детонации и поведения вещества при прохождении детонационного фронта с помощью разработанного сотрудниками ИХТТ, ИГ и ИЯФ уникального метода наносекундной дифрактометрии. Установлена и опробована новая взрывная камера для работы со взрывчатыми веществами мощностью до 50 г тротилового эквивалента. Конструкция камеры позволяет измерять поглощение прямого пучка СИ во взрывчатке во время взрыва, рассеяние СИ на малые углы, а также временное поведение дифрагированного излучения. Разработан и опробован в эксперименте прототип сверхбыстрого многоканального рентгеновского детектора "DIMEX".

На новой станции LIGA-2 проведены эксперименты на пучке СИ. Получены первые структуры методом глубокой рентгеновской литографии. Оборудование станции позволяет работать со слоями резиста большого диапазона толщин, от нескольких микрон до 1 мм, и размерами поля облучения до 100x100 мм, обеспечивая равномерное распределение поглощенной дозы по полю образца.

На модернизированной станции "Байкал" продолжено исследование сигналов палеоклимата в ядрах донных осадков оз. Байкал с разрешением от 4 до 20 лет (0.1 мм ядра), что на один-два порядка подробнее самых высокоразрешающих исследований, выполненных сегодня на Байкале и в океанских колонках. Отработана методика сканирующего рентгено-флуоресцентного анализа для исследования распределения элементов в древесных кольцах.

В 2002 году институт разработал и поставил многополюсные вигглеры нового поколения: с полем 7 Тесла и 17 полюсами - на накопитель BESSY (Германия), с полем 3,6 Тесла и 49 полюсами - на накопитель ELETTRA (Италия). Отличительной особенностью вышеперечисленных устройств является их работа при температуре жидкого гелия (4.2 градуса Кельвин). Для минимизации расходов гелия применяются многоступенчатые системы охлаждения магнита жидким азотом и жидким гелием, а так же специальные устройства реконденсации газообразного гелия в жидкость.

В 2002 году разработана система рентгеновского контроля (СРК) для досмотра пассажиров аэропортов. Система обеспечивает полное сканирование пассажира за 5 секунд при дозе меньше 5 мкЗв, что соответствует дозе, получаемой пассажиром за час полета. Изготовлен в двух экземплярах и протестирован ключевой элемент системы – высокочувствительный линейный детектор зондирующего рентгеновского излучения на основе ионизационной камеры длиной около 1 метра с разрешающей способностью 1 мм. Заключен контракт с одной из фирм Японии на изготовление СРК, ведутся переговоры с предприятием Минатома и одной из фирм Кореи.

Начато малосерийное производство новой модели промышленного высокочастотного ускорителя электронов ИЛУ-10, с высокой энергией и большой мощностью (5 МэВ, 50 кВт). При работе с танталовым конвертером, преобразующим большую часть мощности пучка в гамма – излучение, обеспечено равномерное распределение доз на поверхности облучаемого материала. На ширине развертки 60 см среднее значение дозы составляет ~18 кГр при эквивалентной скорости конвейера 1 мм/с, что обеспечивает потребности разнообразных технологий стерилизации, включая стерилизацию ряда пищевых продуктов, которая развивается сейчас во многих странах. Ускоритель ИЛУ-10 с параметрами 2.5-5 МэВ и мощностью в пучке до 60 кВт не имеет аналога на российском рынке и вполне конкурентоспособен на мировом рынке ускорителей.

Во второй половине 2002 года силами Института ядерной физики им. Г.И. Будкера и Института физических проблем им. Ф. В Лукина возобновились работы по созданию Технологического Накопительного Комплекса (ТНК) в г. Зеленограде. Этот комплекс предназначен для субмикронных технологий, включая LIGA – технологию, и для исследований материалов на субмикронном уровне. В декабре 2002 года завершен важный этап в создании ТНК – введен в работу линейный ускоритель на 60 МэВ, являющийся одним из ключевых элементов комплекса.

Проекты, на которые выделялось целевое финансирование по программам и конкурсам СО РАН

В 2002 году в ИЯФ продолжались и в конце года завершились три интеграционных проекта, частично финансируемые Сибирским отделением РАН. Два были заказаны Президиумом СО РАН и один – комплексный проект, выполняемый совместно с Институтом физики полупроводников.

Комплексный проект «Разработка и создание макетного варианта ускорителя ионов кислорода и лабораторной технологии формирования скрытых слоев двуокиси кремния в монокристалле кремния» завершился созданием основных элементов макетного варианта ускорителя ионов кислорода на энергию до 200 кэВ с током до 50 мА (ИЯФ) и отработкой технологии создания скрытых слоев двуокиси кремния в монокристалле кремния (ИФП).

Заказные проекты «Первая очередь лазера на свободных электронах для Сибирского Центра фотохимических исследований» и «Синхротронное излучение для исследования поведения вещества *in situ*» выполнялись совместно с ИХКиГ и рядом других институтов СО РАН. Результаты, полученные в ИЯФ в ходе выполнения этих проектов, частично уже отражены в данном отчете.

Всего Институтом опубликовано за 2002 год около 600 печатных работ в журналах и материалах конференций.