

А.Фатеев (слева) с польскими коллегами завершают сборку камеры диагностики отраженного излучения

меня), фирмой «Вакуум-Прага» (Чехия) и Базой развития и внедрения Болгарской академии наук (София, Болгария). В совместных экспериментах с ИЯФ СО РАН при тестировании прототипов ускоряющих секций для ускорителя ЛУЭ-200 достигнуты рекордные темпы ускорения интенсивного пучка электронов для ускоряющих структур с бегущей волной S-band диапазона.

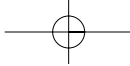
## 5. Серпуховской научно-экспериментальный отдел

### *ОИЯИ–ИФВЭ: многолетнее уникальнейшее сотрудничество*

Особое место среди национальных центров стран-участниц для ОИЯИ занимает Институт физики высоких энергий (ИФВЭ, Протвино).

В октябре 1967 года в ИФВЭ на только что построенном ускорителе У-70 впервые в мире был получен пучок ускоренных протонов с рекордной в мире энергией 76 миллиардов электрон-вольт, что позволило физикам Советского Союза и ОИЯИ проводить систематические исследования свойств микромира в той области энергий, которая ранее была недоступна.

Академик Н.Н.Боголюбов, который в это время занимал пост директора ОИЯИ и был первым научным руководителем ИФВЭ, в конце 1967 года писал: «В прошедшем году важное место в деятельности ОИЯИ занимала подготовка к экспериментам на



гигантском ускорителе протонов, построенном в Советском Союзе близ города Серпухова. Такое развитие событий диктовало нам необходимость более тщательного пересмотра нашей программы подготовки к экспериментам в ИФВЭ с целью ее интенсификации».

18 июня 1970 года было подписано Соглашение о научно-техническом сотрудничестве между Государственным комитетом по использованию атомной энергии СССР и Объединенным институтом ядерных исследований, заложившее основу участия ученых ОИЯИ в экспериментах на У-70.

Физики ОИЯИ и институтов стран-участниц получили прекрасные условия для проведения экспериментов по физике высоких энергий на ускорителе ИФВЭ.

Со своей стороны ОИЯИ обеспечил оснащение производственной базы ИФВЭ первоклассными чехословацкими станками, принял участие в строительстве производственных и жилых зданий.

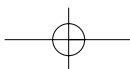
Для реализации решения Ученого совета по выполнению программы научных исследований ОИЯИ по физике высоких энергий и в целях лучшей организации работ ученых стран-участниц ОИЯИ приказом от 2 февраля 1968 г. № 21 был создан специальный отдел — Серпуховской научно-экспериментальный отдел (СНЭО). Начальником отдела был назначен д.ф.-м.н. М.И.Соловьев.

Вновь созданный отдел должен был действовать оперативно. Уже в апреле 1968 года ОИЯИ поставил эксперимент по изучению рассеяния протонов на протонах и дейтонах на малые углы (руководитель В.А.Никитин). На этой установке впервые в мире была разработана и применена «струйная водородная и дейтериевая мишень». В результате всего год спустя после запуска ускорителя физиками ОИЯИ в совместных исследованиях с ИФВЭ были получены первые предварительные сведения о поведении упругого протон-протонного рассеяния в ранее недоступной области энергий.

В результате этого эксперимента была установлена неизвестная ранее закономерность изменения радиуса сильного взаимодействия протонов при высоких энергиях, заключающаяся в том, что радиус сильного взаимодействия протонов с протонами при энергиях свыше 10 ГэВ увеличивается при возрастании энергии (открытие № 244, зарегистрированное в Государственном реестре открытий СССР). Это означает, что с ростом энергии эффективный радиус протона растет, а сам протон становится более прозрачным.

В опытах по измерению упругого рассеяния протонов на протонах удалось получить новые принципиально важные сведения о вещественной части амплитуды их рассеяния при высоких энергиях. Эти результаты вызвали большой интерес научной общественности и впервые доказали, что фундаментальные принципы теории (причинность, унитарность) не нарушаются. Работа вошла в цикл исследований по открытию «Серпуховского эффекта» и была отмечена Государственной премией. Необходимо отметить, что этот коллектив вместе со своей «мишенью» был приглашен в качестве первоочередного на суперциклотрон с энергией в 400 ГэВ/с в США (Лаборатория Ферми).

Вскоре в ИФВЭ была привезена и смонтирована установка для изучения регенерации на водороде, дейтерии и углероде долгоживущих  $K^0$ -мезонов в короткоживущие  $K^0$ -мезоны (установка БИС, руководитель И.А.Савин, затем БИС-2, руководитель М.Ф.Лихачев).



На этой установке впервые было систематически исследовано асимптотическое поведение амплитуд упругого рассеяния вперед нейтральных каонов. Актуальность этих исследований обосновывалась необходимостью проверки основных положений и выводов асимптотических теорий сильных взаимодействий, дисперсионных соотношений, модели комплексных угловых моментов. На этой же установке зарегистрировано большое количество трехчастичных распадов короткоживущих и долгоживущих нейтральных каонов, изучение которых позволило выяснить многие вопросы теории слабых взаимодействий.

Также на экспериментальной установке БИС-2 выполнена широкая программа исследований короткоживущих очарованных частиц и поиск новых узких барионных резонансов, распадающихся на странные и обычные частицы. В результате этих исследований обнаружено аномально большое сечение образования очарованного  $\Lambda$ -гиперона, а также установлено существование асимметрии в его распаде.

Продолжение этой программы в последующие годы реализовано на новой установке ЭКСЧАРМ, которая специально предназначалась для изучения рождения странных и очарованных частиц в пучке высокоэнергичных нейтронов на специальном канале (II примыкание) ускорителя У-70. В результате впервые получены новые важные результаты о свойствах рождения и распада этих частиц.

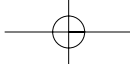
В эти же годы проведен совместный ОИЯИ–ИФВЭ–США эксперимент по рассеянию  $\pi^-$  и  $K^-$ -мезонов на электронах (руководитель Э.Н.Цыганов). В результате опыта впервые непосредственно измерен эффективный радиус (формфактор) нестабильных частиц ( $\pi^-$  и  $K^-$ -мезона), в распадах которых не участвуют нуклоны. Величина формфактора оказалась приблизительно такой же, как и у нуклона при одинаковой энергии налетающих частиц. В эксперименте использовалась оригинальная методика, которая впоследствии успешно применена в совместных экспериментах на ускорителе в Батавии (США).

Под руководством В.И.Петрухина создана установка для поиска тяжелых частиц и антиядер, завершившаяся открытием антитрития.

Из ОИЯИ в ИФВЭ перевезены и установлены двухметровая тяжеложидкостная пузырьковая камера для исследования  $\pi^-$ -минус протон и  $\pi^-$ -минус углерод взаимодействий (руководители М.И.Соловьев и В.Г.Гришин), а также крупнейшая в странах-участницах ОИЯИ двухметровая жидководородная камера «Людмила» для исследования  $\bar{p}p^-$  и  $\bar{d}p^-$ -взаимодействий (руководители И.М.Граменицкий и Н.М.Вирясов).

В результате изучения на этих камерах процессов множественного рождения частиц впервые обнаружены новые закономерности в рождении частиц при высоких энергиях. В частности, обнаружено новое явление в микромире — так называемое масштабное поведение множественности вторичных частиц в пион-нуклонных, антипротон-протонных и пион-ядерных взаимодействиях, а также установлена возможность обильного рождения резонансов. Кроме того, исследование свойств рождения адронных струй в пион-нуклонных взаимодействиях при 40 ГэВ/с подтвердило универсальность механизма фрагментации кварков и дикварков в адроны в мягких адрон-нуклонных и позитрон-электронных столкновениях при одинаковой энергии в с.ц.м.

При изучении свойств антипротон-протонных взаимодействий при импульсе 22,4 ГэВ/с обнаружена выстроенность спина  $\rho$ -мезона, что прямо доказывало нали-



чие поляризации кварков на стадии перед их соединением в мезон. При использовании трековочувствительной жидкодейтериевой мишени внутри рабочего объема камеры «Людмила» получены данные о свойствах основных характеристик никем ранее не изучавшихся антидейтрон-дейтронных столкновений при энергии 12 ГэВ.

С помощью специально созданного и установленного на пучке 40 ГэВ У-70 пятиметрового искрового спектрометра (установка МИС-1 и затем МИС-2) было надежно установлено существование новых нестабильных возбужденных состояний  $\pi$ -мезона, распадающегося на три обычных  $\pi$ -мезона.

Обработка огромного (в основном, фильмового) экспериментального материала, полученного на ускорителе ИФВЭ на этих установках, велась во многих национальных институтах стран-участниц ОИЯИ. Так впервые родилась новая форма научно-технического сотрудничества, которую выразительно назвали «физика на расстоянии». Эта новая форма сотрудничества позволила вовлекать в проведение исследований на переднем рубеже знаний коллективы, которым самостоятельное проведение подобных работ было бы не под силу.

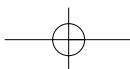
С первых дней работы У-70 было начато изучение поляризационных эффектов в области самых высоких на то время энергий на совместно созданной ОИЯИ и ИФВЭ установке «Проза-Поляриметр» (руководитель Ю.М.Казаринов). Важной особенностью этой установки являлась разработанная в ОИЯИ под руководством Б.С.Неганова большая поляризованная «замороженная» мишень, которая могла работать в двух вариантах — протонном и дейтронном, что существенно расширяло круг изучаемых явлений поляризации. В результате исследований поляризационных эффектов в зарядово-обменных процессах впервые установлена сложная зависимость поляризации в пион-протонном рассеянии с обменом заряда. В результате опытов впервые получено экспериментальное доказательство важной роли спина при высоких энергиях.

Большая программа совместных ИФВЭ—ОИЯИ исследований гиперзарядово-обменных реакций выполнена на установке ГИПЕРОН (руководители Ю.А.Будагов и В.Б.Флягин). Установка была нацелена на изучение динамики процессов с весьма малыми сечениями на основе очень большой статистики. В этом эксперименте, помимо новой научной информации о свойствах гиперзарядово-обменных реакций, получены важные сведения о кварковом составе  $\eta$ -мезона и верхней границе вероятности распада короткоживущего нейтрального каона на электрон и позитрон.

Установка ГИПЕРОН развивается и продолжает работать до сих пор на пучках У-70. Основная программа исследований сейчас направлена на изучение редких распадов заряженных каонов.

Исследование свойств образования и распадов релятивистских позитрониев, образующихся в результате редкого, ранее не наблюдавшегося распада нейтрального пи-мезона на фотон и позитроний, выполнено в эксперименте «Позитроний» (руководитель Л.Л.Неменов). Для регистрации позитрония разработаны и созданы трехметровые дрейфовые камеры, в которых впервые применен режим самогасящегося стримерного разряда, предложенный специалистами ОИЯИ.

Ряд важных физических результатов получен в совместных ОИЯИ—ИФВЭ экспериментах по программе СИГМА-АЯКС (руководитель от ОИЯИ Г.В.Мицельмахер). Детально исследован так называемый комптон-эффект на  $\pi$ -мезоне. Ранее комптон-эффект зарегистрирован лишь для стабильных частиц — протона и электрона. В ре-



зультате эксперимента впервые была измерена фундаментальная структурная константа поляризуемости пиона. Параллельно велось также изучение процесса образования пионных пар пионами в кулоновском поле ядер. Эти исследования дополняют эксперименты по распаду нейтрального пиона и делают возможным прямую проверку как цветной  $SU(3)$ -теории, так и гипотезы об аномалиях в киральной теории.

В ОИЯИ был создан и установлен на У-70 нейтринный детектор (руководитель от ОИЯИ С.А.Бунятов) для изучения взаимодействий нейтрино с нуклонами и электронами, а также поиска событий, свидетельствующих об осцилляции нейтрино.

В первые годы работы У-70 учеными ОИЯИ был проведен ряд поисковых экспериментов, в том числе: поиск существования монополя Дирака (руководитель В.П.Зрелов), поиск короткоживущих частиц (установка ТАУ, руководитель Л.С.Золлин), поиск аномально долгоживущих странных частиц (руководитель Б.М.Понтекорво), исследование редких и радиационных распадов  $K^-$ -мезонов (установка ИСТРА, руководитель от ОИЯИ Б.Ж.Залиханов).

Всего начиная с 1967 года в ИФВЭ приняты и одобрены около 175 предложений экспериментов. В одном из своих выступлений академик А.А.Логоунов отметил: «Ученые ОИЯИ подготовили и провели более 50 экспериментов. Это около трети всех экспериментов на нашем ускорителе и треть времени работы ускорителя на физический эксперимент».

В настоящее время в ОИЯИ готовятся два новых предложения: проект по обнаружению прямого  $CP$ -нарушения и уточнению характеристик параметров Стандартной Модели и проект «Термализация» — исследование процессов с предельной множественностью.

Вся деятельность ученых ОИЯИ в ИФВЭ протекала под эгидой практически ежегодных совместных совещаний дирекций ОИЯИ и ИФВЭ. Кроме этого, 24 июня 1992 года было заключено Соглашение о научно-техническом сотрудничестве между ИФВЭ и ОИЯИ, которое и определяет в настоящее время связи между нашими институтами.

Во всех проведенных и проводящихся ОИЯИ в ИФВЭ экспериментах вложен большой определяющий труд рабочих, техников, инженеров и ученых Серпуховского научно-экспериментального отдела. Подавляющее большинство сотрудников СНЭО имеют высокую профессиональную квалификацию, поскольку в процессах монтажа, наладки и проведения исследований они должны быть прекрасно подготовлены для работы с любыми типами детекторов. Это позволяет им и сейчас быть востребованными для подготовки и проведения экспериментов не только в ИФВЭ, но и на зарубежных ускорителях.