

## Конференции и совещания

### III Всесоюзное совещание по ускорителям заряженных частиц

В начале октября 1972 г. в Москве состоялось III Всесоюзное совещание по ускорителям заряженных частиц, в котором участвовали около 600 ученых и инженеров из советских и ряда зарубежных исследовательских учреждений.

Работа совещания концентрировалась вокруг следующих основных направлений: 1) ускорители на высокие и сверхвысокие энергии; 2) установки на встречных пучках; 3) мезонные фабрики; 4) применение сверхпроводимости в ускорительной технике; 5) управление ускорителями с помощью ЭВМ; 6) новые методы ускорения; 7) повышение интенсивности действующих ускорителей; 8) ускорение тяжелых ионов; 9) применение ускорителей в смежных областях физики и в медицине.

1. Группа ученых Института физики высоких энергий (Серпухов), Научно-исследовательского института электрофизической аппаратуры (НИИЭФА, Ленинград) и Радиотехнического института (РТИ) АН СССР (Москва) предложили создать ускорительно-накопительный комплекс на энергию  $\sim 2 \text{ Тэв}$ , в котором для основного кольца протонного синхротрона используются сверхпроводящие магниты, а в качестве инжектора — ускоритель ИФВЭ на энергию  $76 \text{ Гэв}$  с интенсивностью пучка (после реконструкции)  $\sim 10^{13} \text{ протон/имп.}$  В рассматриваемом комплексе могут быть также ускорены электроны до энергии  $\sim 40 \text{ Гэв}$ . Комплекс предусматривает возможность исследований на встречных пучках различных типов: протон-протонных, протон-электронных и протон-антипротонных.

Успешно работает ускоритель ИФВЭ на энергию  $76 \text{ Гэв}$ . Главным достижением за последнее время на этом ускорителе был запуск системы быстрого вывода для жидководородной камеры «Мирабель», о котором было представлено совместное сообщение ИФВЭ и ЦЕРНа. Эта система обеспечивает вывод в диапазоне энергий  $30\text{—}76 \text{ Гэв}$  с эффективностью  $\sim 98\%$ , возможность трехкратного вывода в каждом цикле ускорения, высокую стабильность размеров и положения пучка на внешней мишени. Введение в строй системы быстрого вывода существенно повысит эффективность использования ускорителя.

Продолжается работа по усовершенствованию Ереванского электронного синхротрона на энергию  $6 \text{ Гэв}$ . Реконструирована вакуумная система ускорителя; металлооксидная камера заменена керамической, металлизированной изнутри молибден-марганцевой смесью; модернизирована система вывода пучков.

На совещании не был представлен доклад о запуске в Батейви (США) протонного синхротрона на энергию  $200 \text{ Гэв}$ . Тем не менее этот факт был в центре вни-

мания участников совещания, так как он знаменует собой новый выдающийся шаг в развитии ускорительной техники.

Началось сооружение протонного синхротрона на энергию в несколько сот гигаэлектронвольт в ЦЕРНе. Для первой очереди этого ускорителя ( $200 \text{ Гэв}$ ) принята схема с пропущенными магнитами, позволяющая в дальнейшем значительно повысить энергию. Заключены контракты на изготовление железных магнитных блоков. Рассматриваются два варианта второй очереди: заполнение всего кольца железными магнитами ( $\sim 400 \text{ Гэв}$ ) и установка в пропущенных местах сверхпроводящих магнитов с полем  $4\text{—}5 \text{ тл}$  с исключением железных магнитов ( $\sim 500 \text{ Гэв}$ ). Выбор должен быть сделан к концу 1973 г.

В докладе специалистов Станфордского ускорительного центра рассмотрено новое предложение по реконструкции линейного ускорителя электронов на энергию  $25 \text{ Гэв}$ . Руководство центра отказалось от плана переделки ускорителя в сверхпроводящий (повышение энергии до  $100 \text{ Гэв}$ ) и прекратило исследования по использованию сверхпроводимости в ВЧ-системах. Оно заключается в том, что ускоренные в существующем ускорителе электроны вводятся в замкнутый рециркулятор, где циркулируют 120 оборотов в течение промежутка между импульсами ВЧ-поля основного ускорителя; затем электроны инжектируются в основной ускоритель и ускоряются следующим импульсом до энергии  $\sim 45 \text{ Гэв}$ . Рециркулятор содержит два неполных кольца радиусом  $95 \text{ м}$  на концах основного ускорителя. Кольца соединяются двумя длинными прямолинейными секциями, расположенными в туннеле основного ускорителя над ним. Общая длина рециркулятора  $\sim 6,9 \text{ км}$ . Авторы проекта надеются к концу 1974 г. получить необходимые ассигнования (18 млн. долл.) и приступить к осуществлению проекта.

2. Установкам со встречными пучками уделяется первостепенное внимание во многих ядерных и ускорительных научных центрах.

В Институте ядерной физики СО АН СССР сооружается новое электрон-позитронное кольцо ВЭПП-2М на максимальную энергию  $670 \text{ Мэв}$ , в котором на первом этапе предполагается получить светимость порядка  $5 \cdot 10^{30} \text{ см}^{-2} \cdot \text{сек}^{-1}$  при энергии  $500 \text{ Мэв}$  и токах пучков  $40 \text{ а}$ . В дальнейшем светимость может быть увеличена до  $\sim 10^{32} \text{ см}^{-2} \cdot \text{сек}^{-1}$ . В июле 1972 г. получен захват электронов в синхротронный режим. На установке ВЭПП-3 исследовалась система управления размером пучка в накопителе.

В ЦЕРНе уже более двух лет работают накопительные протонные кольца с энергией пучков  $25 \text{ Гэв}$ ,

на которых был обнаружен неожиданный эффект потери пучка из-за увеличения давления в вакуумной камере. Для борьбы с этим явлением вакуумная камера теперь прогревается перед ее откачкой при  $300^\circ\text{C}$  в течение 24 ч (вместо  $200^\circ\text{C}$  в течение 5 ч). Кроме того, будет увеличена производительность насосов до  $800\text{ л/сек}$  и их число до 500. Уже первая мера увеличила ток, при котором начинается рост давления, с 4 до 10 а. Высказывается уверенность, что выполнение всей намеченной программы повысит ток до проектной величины 20 а.

В 1972 г. в США начали работать два электрон-позитронных накопительных кольца: SPEAR в Стэнфордском ускорительном центре и накопительное кольцо Кембриджского электронного синхротрона. На первом при энергии  $2,3\text{ ГэВ}$  (максимальная энергия  $2,8\text{ ГэВ}$ ) получена светимость  $2 \cdot 10^{30}\text{ см}^{-2}\cdot\text{сек}^{-1}$  — максимальная из достигнутых где-либо до сих пор. Программа развития SPEAR, предусматривающая увеличение максимальной энергии до  $4,5\text{ ГэВ}$  со светимостью  $10^{32}\text{ см}^{-2}\cdot\text{сек}^{-1}$ , для чего потребуется новая радиочастотная система, должна быть завершена к июлю 1974 г.

Реконструкция Кембриджского электронного синхротрона состояла в сооружении обходных магнитных каналов, включающих участки с малым  $\beta$ . Максимальная достигнутая светимость при энергии  $2\text{ ГэВ}$ , равная  $3 \cdot 10^{28}\text{ см}^{-2}\cdot\text{сек}^{-1}$ , еще недостаточна для планируемых экспериментов, и сейчас ведутся работы по ее увеличению.

Было представлено три проекта новых накопительных колец. Объединенная группа Стэнфорда и Беркли предлагает соорудить комплекс, обеспечивающий протон-электрон-позитронные сталкивающиеся пучки (PEP) с энергией электронов  $15\text{ ГэВ}$ , протонов  $72\text{ ГэВ}$  и светимостью  $\sim 10^{32}\text{ см}^{-2}\cdot\text{сек}^{-1}$ . Электрон-позитронное и протонное кольца должны быть расположены в одном туннеле друг над другом.

В Брукхейвенской национальной лаборатории (США) разрабатывается проект ISA, предусматривающий создание двух пересекающихся ускорителей — накопителей со сверхпроводящими магнитами для протон-протонных столкновений при энергии  $200\text{ ГэВ}$ . Протоны инжектируются из протонного синхротрона на энергию  $30\text{ ГэВ}$ . После накопления токов порядка  $15\text{ а}$  протоны медленно ускоряются до  $200\text{ ГэВ}$  и затем сталкиваются в специальных областях взаимодействия при светимости порядка  $10^{33}\text{ см}^{-2}\cdot\text{сек}^{-1}$ .

В лаборатории DESY (ФРГ) сооружается электрон-позитронное накопительное кольцо DORIS на энергию  $3,5\text{ ГэВ}$  с инъекцией из существующего электронного синхротрона. Система представляет собой два кольца, расположенных друг над другом. Проектная светимость составляет  $\sim 10^{32} - 10^{33}\text{ см}^{-2}\cdot\text{сек}^{-1}$ .

3. В Советском Союзе в РТИ АН СССР и НИИЭФА разработан проект мезонной фабрики на энергию  $600\text{ МэВ}$  и средний ток протонов  $0,5\text{ ма}$ , основой которой служит линейный ускоритель, дающий пучок протонов с длительностью импульса  $100\text{ мксек}$  и скважностью 1%. Одновременно с протонами в линейном ускорителе ускоряются ионы Н- со средним током  $50\text{ ма}$  и поляризованные ионы Н-.

На выходе линейного ускорителя находится кольцевой накопитель-растяжитель, использующий перезарядную инъекцию ионов Н-. Медленный вывод из накопителя дает непрерывный пучок протонов с током  $50\text{ ма}$ , быстрый — короткие импульсы.

В Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ в течение ряда лет исследуется возможность использования коль-

цевых ускорителей (изохронных циклотронов и сверхточечных фазотронов) в качестве мезонных фабрик. Показано, что при  $Q_z = 1,1 \div 1,4$  можно ускорять протонные пучки с токами, превышающими  $100\text{ ма}$ . Разработан новый метод вывода пучка, основанный на расширении замкнутой орбиты в ограниченной области радиусов при сохранении эмиттанса пучка. Этот метод позволит получить шаг пучка в зоне вывода, равный  $5\text{ см/об}$  при эмиттансе  $\sim 1\text{ см}\cdot\text{мрад}$ . Закончена разработка проекта фазотрона на энергию  $700\text{ МэВ}$  и средний ток  $50\text{ ма}$ . Сооружение фазотрона должно быть завершено в 1975 г.

Крупной установкой является мезонная фабрика TRIUMF на основе секторного циклотрона весом  $4000\text{ т}$ , строящаяся в Ванкувере (Канада). Энергия ускоренных в циклотроне частиц может плавно изменяться от  $160$  до  $520\text{ МэВ}$ , при этом из ускорителя можно вывести одновременно несколько пучков с разными энергиями со скважностью 100%. Наиболее интенсивный из выведенных пучков имеет ток  $100\text{ ма}$ . Запуск ускорителя намечен на 1974 г.

Сооружается мезонная фабрика Швейцарского института ядерных исследований в Цюрихе с конечной энергией  $590\text{ МэВ}$  и током  $100\text{ ма}$ . Первые опыты с пучком ожидаются к концу 1973 г.

4. В последние годы резко возрос интерес к использованию сверхпроводимости в ускорительной технике.

О работах в области сверхпроводимости доложили сотрудники РТИ АН СССР и НИИЭФА. В РТИ АН СССР систематические исследования сверхпроводящих импульсных магнитов ведутся с 1969 г. За это время созданы модели соленоидов и дипольных магнитов с максимальными полями до  $6\text{ тл}$  и со скоростью нарастания цикла до  $4\text{ тл/сек}$ . В дипольном магните получена равномерность поля  $\sim 0,2\%$ . В настоящее время создаются несколько сверхпроводящих диполей с малым разбросом параметров, а также диполь, размеры которого близки к натуральным.

В НИИЭФА исследовались сверхпроводящие соленоиды. Разработаны методы пропитки обмоток, обеспечивающие неподвижность проводников.

В 1970 г. Резерфордская лаборатория (Великобритания), научные центры в Сакле (Франция) и Карлсруэ (ФРГ) создали комиссию (GESS) для координации усилий в создании импульсных сверхпроводящих магнитов и их применении в ускорителях. К настоящему времени получены обнадеживающие данные. В лабораториях GESS был создан ряд моделей магнитов для сверхпроводящего синхротрона. Магниты были испытаны в тысячах циклов импульсной работы и дали удовлетворительные результаты как по требуемой точности поля, так и по надежности.

Следующим этапом будет создание магнитов, годных для серийного выпуска промышленностью, исследование их точности и надежности в миллионах циклов.

Поскольку проблема импульсных магнитов близка к решению, основное внимание в ближайшее время будет обращено на систему ожижения гелия и его распределения по объекту протяженностью в несколько километров. Не менее важной системой, с созданием которой связаны значительные трудности, является система питания с запасенной энергией  $\sim 500\text{ Мдж}$ .

В Брукхейвенской национальной лаборатории исследуются возможные варианты вакуумной системы для накопительного комплекса ISA. Предпочтительной признана теплая камера, хотя использование холодной

камеры в принципе может дать снижение стоимости сверхпроводящих магнитов за счет уменьшения их апертуры.

В Аргоннской национальной лаборатории (США) разработан проект сверхпроводящего накопительного кольца с постоянным полем для использования в качестве растяжителя пучка протонного синхротрона с нулевым градиентом. Кольцо увеличит вдвое среднюю интенсивность и в пять раз скважность выведенного пучка. Оно располагается в туннеле основного синхротрона.

В Институте экспериментальной ядерной физики в Карлсруэ (ФРГ) запущена первая секция со спиральным замедлением сверхпроводящего линейного ускорителя протонов с проектной энергией 50 Мэв и током 1 ма, который является моделью проектируемого сверхпроводящего ускорителя на энергию ~500 Мэв. Для охлаждения используется сверхтекучий гелий при температуре 1,8° К. Первая секция стабильно работала несколько часов с интенсивностью 1,3 мка при ускоряющем поле 1,3 Мв/м.

5. В настоящее время методы управления ускорителями с помощью ЭВМ активно внедряются на большинстве работающих установок, а ЭВМ является важной частью всех строящихся и проектируемых ускорителей.

В РТИ АН СССР продолжаются работы по созданию и совершенствованию методов управления замкнутой орбитой и коррекции мультипольных искажений магнитного поля. При участии сотрудников ИФВЭ разработан ионизационный профилометр для измерения поперечных размеров пучка протонного синхротрона ИФВЭ с пространственным разрешением ~1 м. Сейчас разрабатываются устройства ввода информации с профилометра в ЭВМ.

В Институте теоретической и экспериментальной физики (ИТЭФ) также разработан профилометр для работы в специальных условиях протонного синхротрона этого Института на энергию 7 Гэв, где чрезвычайно трудно экранировать прибор от поля рассеяния магнита. В 1970 г. профилометр был экспериментально опробован на ускорителе и позволил измерить поперечные размеры пучка с точностью 2 м. и с временным разрешением 50 нс.

В ИЯФ СО АН СССР для накопителя ВЭП-3 создана и с мая 1971 г. эксплуатируется система, осуществляющая управление магнитом, режимом накопления, равновесной орбитой. Она используется также для измерения параметров пучка, контроля импульсных систем и для анализа сложных ситуаций. Используется ЭВМ «Минск-22».

В НИИЭФА разработана автоматическая система импульсного питания 95 трубок дрейфа линейного ускорителя протонов на 38 Мэв — инжектора бустера протонного синхротрона ИФВЭ. Обеспечивается дистанционное программное управление системой с центрального пульта, а также опрос и контроль амплитуд токов.

В Ереванском физическом институте продолжаются исследования системы коррекции магнитного поля электронного синхротрона на высокие энергии. Эта система уменьшает динамические погрешности в дипольных и фокусирующих магнитах до ~10<sup>-4</sup> при помощи цепей самобалансировки, выравнивающих поля во всех элементах магнитной системы.

Введена в действие и успешно эксплуатируется первая комплексная система управления крупным ускорителем, запроектированная как неотъемлемая составная часть ускорителя, — система управления

мезонной фабрикой в Лос-Аламосе (США). Весь процесс запуска мезонной фабрики (завершенный в июне 1972 г.), начиная с включения и кончая окончательной настройкой, проведен при помощи системы управления. Система имеет модульную структуру: 8500 каналов, связанных с датчиками и элементами управления, обслуживаются 64 модулями, передающими информацию на ЭВМ, расположенную в центральном зале управления, где размещаются также два пульта управления. Система в целом организована вокруг ЭВМ, работающей по принципу «он-лайн», так что мезонная фабрика может функционировать только через ЭВМ. С помощью системы можно, в частности, обнаружить неисправные элементы ускорителя, а также диагностировать параметры пучка и изучать его динамику.

В отличие от мезонной фабрики в Лос-Аламосе, где используется одна ЭВМ сравнительно большой мощности, проектируемая система управления ускорителем на 200 Гэв в ЦЕРНе максимально децентрализована. Использование вторичных мини-ЭВМ для решения простых задач управления уменьшает нагрузку на центральную ЭВМ. Децентрализация в системе управления синхротроном доведена до своего логического конца тем, что даже центральная ЭВМ представляет собой комплекс из ряда миди-ЭВМ, каждая из которых выполняет строго ограниченный объем функций. Управление замкнутой орбитой позволит более чем в 1,5 раза уменьшить вертикальную апертуру магнитов. Алгоритм коррекции замкнутой орбиты по информации о пучке предполагает два источника искажений орбиты: остаточные поля и неправильную установку линз. Алгоритм представляет собой последовательность итераций, в каждой из которых коррекция осуществляется специальными диполями на уровне инжекции и перемещением основных квадруполей на уровне высокой энергии. Последнее производится при выключенном ускорителе по результатам измерений замкнутой орбиты на высокой энергии.

Комплексная система управления создается и на мезонной фабрике TRIUMF, где используются шесть мини-ЭВМ, объединенных в единую систему.

6. Сообщения о развитии работ по коллективным методам ускорения показали, что в ряде лабораторий СССР, США, ФРГ достигнуты некоторые успехи в создании таких ускорителей. Однако до сих пор не преодолены трудности, возникающие при попытках достичь с помощью этих методов высоких энергий протонов.

Идея линотрона продолжает привлекать внимание физиков.

В НИИЭФА исследуются возможности применения линотрона как сильноточного ускорителя. Рассчитан предельный ток пучка, при котором возможен режим ускорения с двойной рециркуляцией.

Идея нового ускорителя, названного дрейфотроном, родилась в РТИ АН СССР. Дрейфотрон представляет собой циклический ускоритель, в котором частицы ускоряются ВЧ-полем во время их движения (дрейфа) по спиральной равновесной орбите в аксиально-симметричном поле, нарастающем вдоль оси симметрии. ВЧ-поле создается ускоряющими зорами, а магнитное поле образовано безжелезным магнитом.

Недавно организованная междуниверситетская лаборатория LIRF (Италия) разработала проект линотрона на 500 Мэв, который должен стать основным ускорителем этой лаборатории.

7. Проблема повышения интенсивности действующих ускорителей и связанная с ней проблема высокоэффективного вывода интенсивных пучков из кольцевых

ускорителей по-прежнему привлекает пристальное внимание специалистов. В настоящее время перед протонными синхротронами на энергию в несколько десятков гигаэлектронвольт стоит задача достижения интенсивности, превышающей  $10^{13}$  протонов/имп.

С большим интересом были заслушаны сообщения о намеченной коренной перестройке протонного синхротрона ИТЭФ на энергию 7 Гэв. Планируются три этапа: 1) реконструкция магнитной системы с целью создания длинных прямолинейных промежутков; 2) создание высокоэффективного медленного вывода с транспортировкой пучка в специальный «протонный» корпус; 3) увеличение интенсивности пучка до  $\sim 10^{13}$  протонов/имп путем повышения энергии инжекции до 300—400 Мэв. Разработан подробный проект первого этапа реконструкции.

В качестве подготовки ко второму этапу в НИИЭФА и ИТЭФ рассмотрены меры по улучшению магнитного поля, в частности по снижению коэффициента пульсаций поля до  $10^{-6}/f$  и уменьшению нестабильности поля до  $10^{-4}$ . Аналогичные меры должны быть применены при медленном выводе из ускорителя ИФВЭ.

Интересные исследования методов ослабления поперечной неустойчивости пучка в линейных ускорителях электронов проведены в 1969—1971 гг. в Физико-техническом институте АН УССР. На основании этих исследований разработана и испытана ускоряющая секция с большим значением критического тока (теоретическое значение  $3a$ ), на которой получен пучок с током 700 ма в импульсе длительностью 15 мксек при энергии 15 Мэв без каких-либо признаков эффекта неустойчивости. Исследования зависимости критического тока многосекционного ускорителя на энергию 2 Гэв от различных факторов показали, что существенно увеличить критический ток (до 100 ма) можно только путем замены действующих секций на секции с большим критическим током.

В Лаборатории высоких энергий ОИЯИ разработана система резонансного высокоэффективного вывода пучка из синхрофазотрона, работающая на частоте радиальных бетатронных колебаний, равной  $2/3$ . В начале лета 1972 г. пучок был выведен из камеры ускорителя и введен в экспериментальный зал. Эффективность вывода составляет не менее 90%. В Ленинградском институте ядерной физики разработана совмещенная система медленного вывода и однооборотного сброса пучка на внутреннюю мишень. Эффективность медленного вывода достигает 75%.

Началась настройка системы однооборотного вывода пучка электронов с энергией 1,35 Гэв из накопителя ВЭПП-3 ИЯФ СО АН СССР.

Важный шаг в решении задачи повышения интенсивности сделан в ЦЕРНе, где полным ходом идет наладка бустера на энергию 800 Мэв. К концу сентября 1972 г. осуществлены многооборотная (15 оборотов) инжекция в бустер, ускорение до энергии 800 Мэв, вывод пучка из четырех колец с его последующей перестройкой и ввод пучка в основной протонный синхротрон. В настоящее время на уровне 800 Мэв получена половина проектной интенсивности.

8. Наиболее важные результаты в ускорении тяжелых ионов достигнуты на Бэватроне (США), где сейчас имеется целая серия выведенных пучков различных ионов в диапазоне энергий от 250 Мэв/нуклон до 2,4 Гэв/нуклон со следующими интенсивностями частиц в импульсе:  $10^{12}$  для протонов,  $2 \cdot 10^{11}$  для дейтронов,  $2 \cdot 10^{10}$  для  $\alpha$ -частиц,  $10^8$  для углерода,  $10^7$  для азота,  $1,5 \cdot 10^7$  для кислорода,  $10^5$  для неона. Предполагается установка нового инжектора, что приведет к дальней-

шему росту интенсивности. За последний год исследования с использованием тяжелых ионов заняли 20% рабочего времени Бэватрона.

Продолжались работы по увеличению эффективности использования синхрофазотрона ЛВЭ ОИЯИ для ускорения тяжелых ионов, где ускорение идет в два этапа с перзахватом. В настоящее время достигнута 95%-ная эффективность перзахвата дейтронов.

Ионы ксенона с энергией  $\sim 7$  Мэв/нуклон и интенсивностью  $2 \cdot 10^{10}$  частиц/сек получены на ускорительной системе Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ. Система состоит из классического с радиусом 310 см и изохронного с радиусом 200 см циклотронов.

В марте 1972 г. запущен изохронный циклотрон Института ядерной физики АН КазССР с регулируемой энергией 7—30 Мэв для протонов, 14,5—25 Мэв для дейтронов, 29—50 Мэв для  $\alpha$ -частиц. Ток выведенного пучка составляет 30 мкА для протонов и 12 мкА для  $\alpha$ -частиц.

9. Вопросам применения ускорителей в медицине, промышленности и смежных областях физики была посвящена специальная сессия совещания.

В медицине ускорители в основном используются при лечении раковых заболеваний. Протонные пучки с энергией  $< 200$  Мэв и  $\pi$ -мезонные пучки с энергией  $\sim 500$  Мэв особенно ценны для лучевой терапии, так как при их использовании доза в глубинном очаге может до 10 раз превышать дозу на поверхности облучаемого тела. Кроме того, для лучевой терапии используются тормозное излучение электронных ускорителей с энергией  $\sim 20$  Мэв, а также электронные пучки с энергией  $\sim 40$  Мэв. Опытные протонные пучки высоких энергий для медицинских целей созданы на синхроциклотроне Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ и на протонном синхротроне ИТЭФ. Применялись пучки с регулируемой энергией 100—120 Мэв. В настоящее время разрабатываются проект многоканального протонного комплекса для массового облучения больных на базе протонного синхротрона ИТЭФ, а также медико-технические требования для создания клинической базы на пучках  $\pi^-$ -мезонов синхроциклотрона ЛЯП ОИЯИ.

Применение ускорителей в смежных областях науки в настоящее время связано с использованием синхротронного излучения, область спектра которого в диапазоне  $1000 - 1 \text{ \AA}$  ( $10 \text{ эв} \div 10 \text{ кэв}$ ) привлекает наибольшее внимание, поскольку она наименее обеспечена эффективными источниками излучения. Резко выраженная направленность, высокая степень поляризации и большая плотность энергии (десятки ватт на  $\text{см}^2$ ) синхротронного излучения открывают качественно новые возможности экспериментальных исследований в спектроскопии твердого тела, молекулярной биологии, фотохимии, внеатмосферной астрономии и т. п.

Сейчас, кроме использования существующих электронных синхротронов, для этой цели создаются специальные машины (ускорители и накопители). Проект накопителя такого рода разработан в Институте физических проблем АН СССР. В качестве инжектора используется микротрон на 20 Мэв. В накопительном кольце энергия электронов повышается до 1 Гэв. Ток пучка 100 ма, время жизни — несколько часов. Пучок дает синхротронное излучение мощностью 4,4 кВт с длиной волны в максимуме спектра 4,7  $\text{\AA}$ . Использование специальных излучательных магнитов (сверхпроводящих с полем 7,5 тл) даст длину волны  $\sim 1 \text{ \AA}$ .

Сооружаемый в Красной Пахре электронный синхротрон ФИАН СССР на энергию 1,3 Гэв будет широко использоваться как источник синхротронного излучения. В накопительном режиме с локальным искривлением орбиты этот синхротрон даст высокий уровень излучения в диапазоне 0,5—100 Å.

Совещание прошло с большим успехом, чему в немалой степени способствовал большой труд, вложенный в дело организации совещания Оргкомитетом во главе с председателем акад. А. Л. Минцем.

Л. Н. СОСЕНСКИЙ

## XVI Международная конференция по физике высоких энергий

Очередная XVI Международная конференция по физике высоких энергий проходила с 6 по 13 сентября 1972 г. в США (Чикаго и Батейви). В ней приняли участие более 800 физиков из 45 стран; представлено около 1000 докладов, в том числе от Советского Союза и ОИЯИ 110 докладов. Рассмотрены следующие основные темы: сильные взаимодействия при высоких энергиях; слабые взаимодействия; электромагнитные взаимодействия; методика исследований по физике высоких энергий.

1. Наиболее интересные, точные и завершенные экспериментальные данные по первой теме были представлены в основном лабораториями ИФВЭ, ОИЯИ, ИТЭФ, ФИАН СССР, Ереванского физического института, проводившими измерения на ускорителе на 70 Гэв ИФВЭ (СССР), и лабораториями ЦЕРНа и его стран — участниц, где исследования проводились на ускорителе на 28 Гэв и накопительных кольцах  $2 \times 25$  Гэв. Первые данные с ускорителя Национальной американской лаборатории в Батейви (США) вследствие больших ошибок носили предварительный характер.

**Полные сечения.** В работах, выполненных на ускорителе ИФВЭ, в области до 65 Гэв исследованы энергетические зависимости разностей полных сечений для частиц и античастиц, принадлежащих к одному изомультиплету. В серии опытов Ю. Д. Прокошкина и др. показано, что все разности полных сечений убывают с ростом импульса, подтверждая теорему Померанчука. Первые данные о полных  $pp$ -сечениях, полученные на ускорителе в Батейви (100—300 Гэв) и накопительных кольцах ЦЕРНа (эквивалентная энергия до 1500 Гэв), не противоречат постоянству полных  $pp$ -сечений при измеренных энергиях, однако эти данные характеризуются пока большими ошибками (1,5 мбарн).

В последние годы в СЛАКе (США) исследованы энергетические зависимости полных адронных сечений для  $\gamma$ -квантов с энергиями до 18 Гэв. На конференции были представлены новые данные, полученные на электронном пучке ускорителя ИФВЭ (Ереванский физический институт, ФИАН СССР, ИФВЭ) при более высоких энергиях, показавшие, что полное адронное сечение  $\gamma$ -протон-взаимодействий при энергиях выше 20 Гэв постоянно. Это качественно согласуется с моделью векторной доминантности.

**Упругое рассеяние адронов.** Новые данные об отношении реальной и мнимой частей амплитуд упругого протон-протонного рассеяния вперед при энергии 270 Гэв были получены на накопительных кольцах ЦЕРНа. Величина этого отношения ( $-1 \pm 7$ )% согласуется с энергетической зависимостью, определенной ранее на ускорителе ИФВЭ группой В. А. Никитина при энергиях до 70 Гэв как для  $pp$ -, так и для  $pn$ -соударений.

Измерения в области дифракционного конуса упругого  $pp$ -рассеяния при передачах четырехмерного импульса 0,01—0,5 (Гэв/с)<sup>2</sup> в опытах на накопительных кольцах ЦЕРНа показали существование излома в дифференциальном сечении при значении переданного четырехмерного импульса  $\sim 0,1$  (Гэв/с)<sup>2</sup>. Из новых данных о параметре наклона упругого  $pp$ -рассеяния, полученных в Батейви и ЦЕРНе, следует, что наклон конуса  $pp$ -рассеяния продолжает расти с увеличением энергии.

Первые сведения об упругом рассеянии пионов, каонов и антипротонов на протонах при энергиях выше 20 Гэв были представлены двумя группами, работавшими на ускорителе ИФВЭ: объединенной группой ИФВЭ — ЦЕРН (Л. Г. Ландсберг, В. Кинзл) и группой С. Б. Нурушева (ИФВЭ). В области передачи 0,1—0,4 (Гэв/с)<sup>2</sup> параметр наклона практически постоянен для  $\pi^+$  и  $K^+$ -мезонов при импульсах до 50 Гэв/с. В случае  $pp$ -рассеяния он приближается по мере роста энергии к параметру наклона в  $pp$ -рассеянии.

В области больших переданных импульсов [больше 0,5 (Гэв/с)<sup>2</sup>] получены новые данные об упругом  $pp$ -рассеянии при энергиях до 1500 Гэв на накопительных кольцах ЦЕРНа. Дифференциальное сечение обнаруживает здесь простую дифракционную структуру.

**Рассеяние пионов и каонов с перезарядкой.** На конференции были представлены результаты цикла экспериментов ИФВЭ (группа Ю. Д. Прокошкина) по исследованию рассеяния  $\pi^-$  и  $K^-$ -мезонов с перезарядкой при энергиях выше 20 Гэв. В этих опытах определены дифференциальные сечения  $\pi^-p$ -перезарядки под нулевым углом, непосредственно связанные с разностью полных сечений  $\pi^-p$ - и  $\pi^+p$ -взаимодействий.

Сечение реакции перезарядки  $K^-$ -мезонов на протонах было измерено на ускорителе ИФВЭ и Брукхейвенском ускорителе при меньших энергиях. Оно уменьшается с увеличением энергии значительно быстрее, чем это было предсказано моделью полюсов Редже. При энергиях выше 20 Гэв наблюдаются значительные отклонения от соотношений, вытекающих из кварковой модели перезарядок  $\pi^-$ - и  $K^-$ -мезонов.

**Когерентная регенерация  $K^0$ -мезонов.** Изучение энергетической зависимости амплитуды когерентной регенерации  $K^0$ -мезонов на протонах дает возможность непосредственно проверить теорему Померанчука во взаимодействиях каонов и антикаонов с нуклонами по измерениям как модуля амплитуды, так и ее фазы. Результаты, полученные группой А. И. Савина и др. ЛВЭ ОИЯИ на ускорителе ИФВЭ, указывают, что теорема Померанчука выполняется: модуль амплитуды регенерации убывает с ростом энергии, а ее фаза остается постоянной (около  $-130^\circ$ ) до 50 Гэв/с. В результате этих измерений определено энергетическое поведение разности полных сечений  $K^\pm$ -нейтрон-взаимодействий.