

эмиссия, которая приводит к нарушению сверхпроводящих свойств резонатора.

Среди накопительных колец для встречных пучков частиц высоких энергий следует отметить три проекта. Проект двухкольцевого протонного накопителя, осуществленный в ЦЕРНе, где в настоящее время получены встречные пучки с интенсивностью $4-7 \text{ а}$ при вакууме в камере 10^{-10} торр . Потери пучка при токе 4 а , по расчетам, составляют $\sim 1\%$ в 1 ч. При токе выше 6 а наблюдается существенный рост потерь, причина которых не выяснена. В связи с этим величина проектной светимости, равная $4 \cdot 10^{30} \text{ см}^{-2} \cdot \text{сек}^{-1}$, не достигнута. Эксперименты проводятся при величине светимости $10^{28}-10^{29} \text{ см}^{-2} \cdot \text{сек}^{-1}$.

Второй большой проект протон-антипротонного кольца на энергию 25 Гэв находится в стадии сооружения (г. Новосибирск). Этот проект ожидается завершить в 1972—1973 гг.

В качестве далекой перспективы развития этого направления Брукхейвенская национальная лаборатория предлагает проект накопительных колец для протонов с энергией 200 Гэв . В США обсуждается вопрос о финансировании этого проекта.

Значительное внимание на конференции было уделено методу коллективного ускорения. Лучшие экспериментальные результаты по этому методу были получены в ОИЯИ, где было положено начало этому направлению. В ОИЯИ получено ускорение α -частиц до энергии $29 \pm 6 \text{ Мэв}$ при энергетическом градиенте $\sim 32 \text{ Мэв/м}$. Число α -частиц, которые удалось удержать при ускорении в каждом электронном кольце, составляет 10^9 при числе электронов $\sim 5 \cdot 10^{12}$.

Лаборатории в Беркли (США) и Мюнхене (ФРГ) продолжали разработки различных вариантов компрессоров для создания электронных колец с максимальным числом электронов. Лучший результат, полученный мюнхенской группой по накоплению электронов, составляет $2 \cdot 10^{12}$ в каждом кольце. Исследовательская группа в Беркли продолжала исследования неустойчивостей электронного кольца, которые возникают в их компрессоре при $5 \cdot 10^{12}$ в каждом кольце. Причины возникновения неустойчивостей окончательно не выяснены.

В результате работы над конструкцией компрессора в Карлсруэ (ФРГ) показано, что имеется принципиальная возможность для достижения частоты посылок колец в резонатор, равной 1000 а .

Теоретические исследования по коллективному методу ускорения были представлены несколькими институтами. Наибольший интерес вызвала работа

по теории колебаний протонного кольца внутри электронного сгустка, выполненная в ИТЭФ (СССР).

Линейная теория этих колебаний приводит к резонансным ограничениям по предельной энергии ускоряемых частиц в области нескольких десятков гигаэлектронвольт. Эти результаты обсуждались на специальном заседании по теории коллективных методов ускорения и не были опровергнуты на конференции. Пока не указаны эффективные методы борьбы с резонансными эффектами.

Дальнейшее развитие получил метод ускорения мюноуклонных частиц в синхротронах с мягкой фокусировкой. Впервые этот метод был реализован на синхротроне ОИЯИ, где были ускорены дейтроны до энергии 10 Гэв .

Ученые Принстонского университета (США) доложили об ускорении ионов азота (N^{+5} , N^{+6}) на синхротроне до энергии 4 и 7 Гэв соответственно. При ускорении этих многозарядных ионов была подтверждена существенная зависимость интенсивности ускорителя от вакуумных условий в камере ускорителя. Так, изменение вакуумных условий с 10^{-7} до $2 \cdot 10^{-7} \text{ мм рт. ст.}$ приводило к уменьшению интенсивности на порядок. Показано, что для Принстонского синхротрона при частоте повторения импульсов $18-20 \text{ а}$ для ускорения многозарядных ионов требуется улучшение вакуума в камере до $10^{-8} \text{ мм рт. ст.}$ Аналогичные работы были выполнены также на бататроне в Беркли, где были ускорены ионы N^{+7} до энергии 36 Гэв . Основной целью этих усовершенствований, по мнению авторов, является открывающаяся возможность исследования в области космической физики.

На конференции были доложены некоторые теоретические исследования и расчеты в области дальнейшего развития ускорителей типа «Линатрон» (Институт физики, Торина, Италия), один из вариантов которого был предложен в ФИАНе (СССР), а также по распространению циклотронного метода ускорения на область релятивистских энергий для протонов и электронов (Лаборатория ядерных проблем, ОИЯИ).

С успехом проводятся исследования по автоматическому управлению пучком в синхротроне с помощью вычислительных машин. Разработанная программа управления для машины IBM-1800 позволила втрое уменьшить амплитуды отклонения замкнутой орбиты в синхротроне ЦЕРНа на 28 Гэв . В качестве управляющих элементов были использованы обмотки двух резонансных гармоник в структуре магнитного поля (шестая, седьмая).

В. П. ДМИТРИЕВСКИЙ

О некоторых перспективах развития физики высоких энергий

17—18 сентября 1971 г. в городке Морж (недалеко от Женевы) состоялся традиционный международный семинар по перспективам развития физики высоких энергий. Этот семинар, на который приглашаются ученые разных стран, проводится Объединенным институтом ядерных исследований и ЦЕРНОм. Основная цель семинара — перспективы развития в области физики высоких энергий. На последнем семинаре были рассмотрены состояние и ближайшие планы на самых больших ускорителях, а также прогнозы развития существующих установок и строительства новых ускорителей в ближайшие 10 лет. В связи с тем, что буду-

щие ускорители представляются гигантскими сооружениями, требующими огромных капиталовложений, обсуждалась также возможность кооперации стран для строительства новых установок.

Большой интерес вызвали сообщения А. Д. Соловьева (Серпухов) и Р. Вильсона (Батавия, США) о состоянии крупнейших ускорителей и физической программе на них. Была дана очень высокая оценка работе протонного синхротрона ИФВЭ на энергию 76 Гэв и осуществляемой программой экспериментов на этом ускорителе.

Было отмечено, что больших принципиальных трудностей при запуске ускорителя на 200 Гэв (США) не предвидится. Полностью отлажена система инжекции и проведены пробные пуски ускорителя. Удастся ускорить протоны с интенсивностью порядка 1 мка. Это высокая интенсивность, хотя она и меньше проектной примерно в 20 раз, прежде всего из-за плохого вакуума, обусловленного некоторыми недостатками конструкции вакуумной камеры. Ускорение до полной энергии в настоящее время невозможно из-за недостаточной электрической прочности изоляции обмоток электромагнитов. Для устранения этих дефектов, по-видимому, потребуется несколько месяцев. Широким фронтом готовится физическая программа. Первая очередь экспериментального оборудования будет подготовлена к работе на ускорителе до конца 1971 г.

С большим интересом участники совещания прослушали сообщение о состоянии работ на накопительных протонных кольцах ЦЕРНа. Эксперименты на встречных пучках ведутся в настоящее время на пяти участках пересечения пучков. Одновременно проводится около 10 экспериментов. Начато строительство большого ускорителя ЦЕРНа. Подписаны контракты на создание основных узлов ускорителя и предполагается, что первая очередь его (200 Гэв) будет закончена в 1976 г.

Что касается более далеких перспектив создания ускорителей, то в настоящее время совершенно явно просматривается тенденция использовать для физиче-

ских исследований встречные электрон-протонные машины. Так, на Стэнфордском линейном электронном ускорителе предполагается создать электронные накопительные кольца с энергией вплоть до 25 Гэв. Программа предусматривает также строительство протонного ускорителя на 75 Гэв и создание встречных электрон-протонных пучков. Создание таких экспериментальных установок рассмотрено также в программах Брукхейвена и ЦЕРНа.

С точки зрения строительства будущих ускорителей были обсуждены две возможности — использование сверхпроводимости в традиционных магнитных системах и метод коллективного ускорения.

Состояние сверхпроводящих импульсных магнитов дает основание рассчитывать на получение магнитных полей в 40 кэс. Оценки стоимости ускорителя на 1000 Гэв показывают, что использование сверхпроводящих импульсных магнитов в ускорителе даст выигрыш по сравнению с системой обычных магнитов в два-три раза. Однако есть основание ожидать, что к концу 70-х годов появятся коммерческие сверхпроводники, обеспечивающие переход к полям 200 кэс.

Рассмотрение предварительных проектов коллективного ускорителя показало, что еще два-три года потребуются для проверки отдельных вариантов ускоряющих систем, после чего можно будет сделать окончательный выбор систем будущего ускорителя.

В. П. САРАНЦЕВ

Конференция по газоразрядным приборам с полым катодом

Конференция проходила в университете в Орсе (пригород Парижа) с 20 по 23 сентября 1971 г. В ней приняли участие около 100 человек из 12 стран.

За последнее время в исследовании полых катодов были выявлены их существенные преимущества перед обычными. Это позволило создать новые электронные физические приборы и модернизировать старые. Настоящая конференция явилась первой конференцией, посвященной полым катодам, и вызвала большой интерес научных работников и инженеров-разработчиков электронной аппаратуры.

На конференции были заслушаны доклады по следующим разделам: 1) тлеющий разряд (шесть докладов); 2) дуговые разряды (пять); 3) высоковольтные разряды (один); 4) плазменные источники (семь); 5) источники света (четыре); 6) источники электронов, ионов и метастабилей (три).

Наибольший интерес вызвали доклады по применению полых катодов в лазерных и ионных плазменных ускорителях (два доклада по ионным плазменным ускорителям были заслушаны вне программы), а также по анализу физических процессов в полых катодах.

Большая часть докладов была посвящена экспериментальным и теоретическим исследованиям в разрядах с полым катодом: механизм генерации электронов и метастабильных атомов, процессам излучения и измерения температур различных частей катода, влиянию магнитных полей и др. Несколько докладов было посвящено экспериментальному исследованию колебаний в плазме. Большое внимание уделялось исследованию дуговых разрядов. Это связано с возможностями их широкого применения в различных физических и технических устройствах.

Теоретические исследования были представлены лишь в одной работе (А. И. Морозов, А. В. Трофимов, СССР), в которой дана более общая теория положи-

тельного столба по сравнению с теоретическими исследованиями Шоттки.

Много работ было представлено по созданию лазеров с газовыми и металлическими (парами металлов) наполнениями, в которых используется полый катод. Большой интерес вызвали два доклада (Х. Коул, Англия и Цейфанг, ФРГ), посвященные плазменным ускорителям холловского типа (разряд в скрещенных электрических и магнитных полях). Американский делегат Е. Поулик сообщил о разработке ионного ускорителя для космических объектов мощностью 1—2 кэвт. Основное внимание в его докладе было уделено исследованию и созданию высокоэкономичных катодов с длительным ресурсом. Следует отметить также интересную работу С. Вильямса и др. (Англия).

Были заслушаны два доклада по созданию новых приборов: «Тиратроны с водородным наполнением» (Б. Бекер, Англия) и «Вентильных элементов» (А. И. Настюха и др., СССР). Интересные данные по использованию плазменных пучков с полым катодом изложены в докладе Р. Дюдейла и др. (Англия). К. Чанг, К. Ханг (США) представили интересный доклад о применении разряда с полым катодом для получения стационарной, бестоковой, нетермализованной плазмы (Q-машины). На этой установке можно моделировать ряд неустойчивостей, существующих в горячей плазме, а также некоторые астрофизические процессы.

Программа конференции была составлена таким образом, что много времени отводилось для свободной дискуссии. Во время конференции были организованы экскурсии в лаборатории университета и политехнический институт, а также в ядерные центры в Сакле и Фонтене-о-Роз. В Орсе были показаны две установки: одна для изучения распыления материала катода при продолжительной работе, вторая — для отработки газового лазера с полым катодом.

А. В. ТРОФИМОВ