

новки и проведении совместного эксперимента по изучению процесса протон-дейтронного рассеяния на ускорителе в Батейвии.

Советско-американское сотрудничество в области физики высоких энергий развивается успешно. Оно не ограничивается приведенными выше примерами, а принимает новые формы и расширяет свои границы. Недавно Научный совет Национальной ускорительной лаборатории одобрил предложение о еще одном совместном эксперименте по исследованию взаимодействия антинейтринно высоких энергий с нуклонами с использованием большой 15-футовой (~ 457 см) пузырьковой камеры с неон-водородным заполнением. Группа совет-

ских физиков будет находиться в Батейвии и участвовать в подготовке и проведении этого эксперимента. Параллельно в ИФВЭ и ИТЭФ ведется подготовка к обработке फिल्मовой информации, которая будет получена в данном эксперименте и прислана из Батейвии.

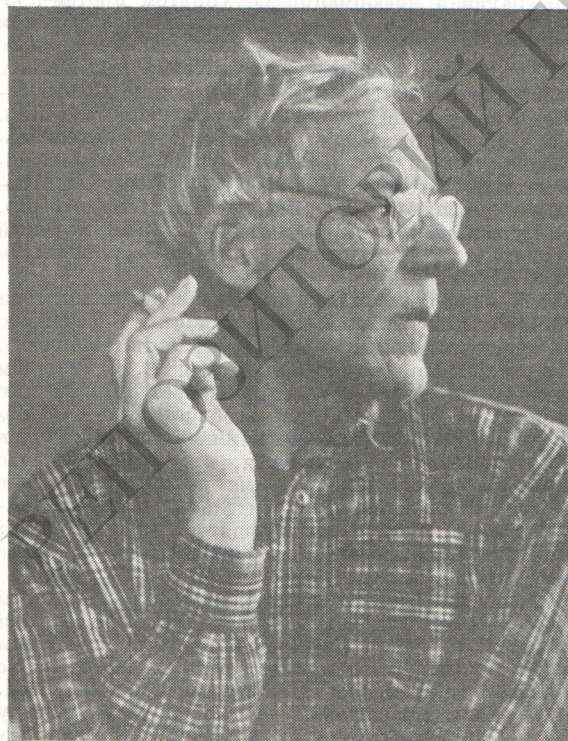
Установление более тесных контактов между советскими и американскими физиками способствует не только более быстрому получению важных научных результатов, обмену и взаимовыгодному использованию новейших технических достижений, но одновременно содействует лучшему взаимопониманию между нашими народами, миру и прогрессу.

В. А. ВАСИЛЬЕВ

Конференции и совещания

Сессия Научного Совета по физике плазмы

Годовая сессия Научного Совета АН СССР по физике плазмы представляет собой научную конференцию нового типа. В течение трех дней заслушиваются только обзорные доклады. В этом году (5 — 9 марта) они были посвящены стеллараторной программе, взаимодействию СВЧ с плазмой, взаимодействию релятивистских электронных пучков с плазмой, а также проблеме взаимодействия плазменных потоков с поверхностью.



Академик М. А. ЛЕОНТОВИЧ

Заседание Совета 9 марта было посвящено 70-летию акад. М. А. Леонтовича. Председательствовал Б. Б. Кадомцев, отметивший выдающийся вклад М. А. Леонтовича в создание советской школы теории плазмы, в развитие работ по управляемому термоядерному синтезу (УТС). Ученики М. А. Леонтовича Б. Б. Кадомцев, Р. З. Сагдеев, Е. П. Велихов, В. Д. Шафранов выступили с научными сообщениями по магнитогидродинамической теории плазмы, турбулентности плазмы и жидкости, искусственным плазменным образованиям в магнитосфере Земли, быстрым процессам. А. М. Прохоров сообщил о последних достижениях в исследовании газодинамических лазеров. И. М. Фабелинский рассказал о распространении гиперзвука в конденсированных средах. Последние достижения в этой области, связанные с использованием лазеров, подтверждают теорию М. А. Леонтовича, развитую более чем 30 лет назад.

Директор Физического института им. П. Н. Лебедева АН СССР Н. Г. Басов и ректор Московского государственного университета Р. В. Хохлов поздравили М. А. Леонтовича с 70-летием и пожелали ему дальнейших творческих успехов.

Работы по физике горячей плазмы по-прежнему наиболее принципиальные и важные. Значительные успехи достигнуты по программе «Токамак». Основные тенденции в этой области исследований.

1. Крепнет убеждение, что, возможно, токамаки имеют не оптимальную геометрию и что, изменяя форму поперечного сечения, можно достигнуть лучших результатов. По-видимому, в ближайшее время начнут работать так называемые «перстеньковые» токамаки.

2. Новые фундаментальные результаты могут быть получены на токамаках следующего поколения. Поэтому особое значение приобретает сооружение токамака Т-10.

3. Получены первые результаты по неомическим методам нагрева плазмы, которые имеют принципиальное значение для решения всей проблемы.

4. Как известно, неоклассическая теория сыграла решающую роль в создании современных представле-

ний об удержании и нагреве плазмы. Последнее время появляется много данных, указывающих на влияние других, не неоклассических явлений. Здесь прежде всего следует отметить неблагоприятное положение с электронными процессами переноса. Самое хорошее согласие с неоклассической теорией в области «плато». Переход в гидродинамическую и бесстолкновительную области приводит к сильному отличию эксперимента от теории. Пока не выяснен механизм баланса для электронов. Короче говоря, вопросы диффузии и устойчивости в тороидальных системах требуют еще детального рассмотрения. Представляются весьма интересными некоторые выводы теории локальной устойчивости, в частности то, что при конечном β происходит стабилизация желобков из-за увеличения магнитной ямы.

Работы по стеллараторной программе развивались в ФИАНе и ФТИ АН УССР. Подробно об этих работах рассказали В. Т. Толок и И. С. Шпигель. Развитие стеллараторной программы зависит от перехода к стеллараторам следующего поколения (по размерам эквивалентным токамакам Т-3). С учетом размеров существующих стеллараторов полученные результаты соответствуют результатам токамаков. Так же, как и на токамаках, увеличиваются указания на отклонение от неоклассической диффузии.

Работы по магнитным ловушкам — важная часть программы УТС. Существенные результаты получены на установке ПР-6, где плазма с плотностью $2 \cdot 10^{12}$ и ионной температурой 200—300 эв первые 0,2—0,3 мсек устойчива, что указывает на слабую роль неустойчивости из-за конуса потерь. Однако в дальнейшем развивается неустойчивость, сопровождающаяся нагревом электронов и увеличением потенциала плазмы.

Несомненный интерес представляет подавление неустойчивостей обратными связями на установке ЛИН-5.

1972 г. отмечен возрастание интереса к импульсным процессам. В первую очередь это относится к лазерному УТС. Если не думать о к. п. д. лазера, а интересоваться лишь физическим УТС, то по расчетам достаточно лазерная энергия 10^4 Дж, а при отказе от сложного точного программирования лазерного импульса — 10^5 Дж. По-видимому, лазеры с такой энергией в импульсе будут созданы в ближайшие годы. При осуществлении физического УТС в одном импульсе будет получено $4 \cdot 10^{16}$ — $4 \cdot 10^{17}$ нейтронов. Очевидно, в ближайшее время лазерный УТС еще больше привлечет наше внимание.

Растет интерес к использованию сильноточных электронных пучков. Их возможности для нагрева плазмы и создания СВЧ очень велики. Заслуживают внимания работы по микропинчам, проведенные в США. Интерес к θ -пинчам возрос в связи с предложением использовать сжимающую оболочку.

Все это указывает на увеличивающийся или возродившийся интерес к быстрым процессам, который поддерживается расчетами, показывающими, что к. п. д. преобразования термоядерной энергии в электрическую в импульсных процессах будет значительно большим, чем в стационарных. Поэтому в решении проблемы УТС могут быть два главных направления, но внутри каждого из них средства должны концентрироваться на выполнение наиболее перспективных работ. Следует отметить также метод удержания плотной плазмы в системе с многими пробками, предложенный в ИЯФ СО АН СССР.

Большие успехи достигнуты при изучении методов взаимодействия СВЧ с плазмой. Метод нелинейной трансформации волн совместно с методами линейной трансформации, развиваемыми в ФТИ им. А. Ф. Иоффе АН СССР и в ФИАНе, по-видимому, должен стать одним из перспективных способов нагрева плазмы.

Распадные и параметрические неустойчивости важны для понимания процессов, происходящих в лазерной плазме, ионосфере, и других явлений. В связи с этим следует обратить внимание на впервые наблюдаемое в ФИАНе вынужденное рассеяние Манделштама — Бриллюэна в СВЧ-диапазоне. Интересен нагрев плазмы в области ион-ионного гибридного резонанса в плазме, состоящего из двух сортов ионов (ФТИ АН УССР). На тороидальной установке «Омега» в области этого резонанса осуществлен нагрев дейтериево-водородной плазмы до температуры 200 эв при плотности $\sim 10^{14}$ см⁻³.

Многое интересных работ проведено при изучении взаимодействия электронных пучков с плазмой. Пока заная высокая эффективность нагрева пучка при его модуляции на частоте нижнего гибридного резонанса, а также возможность эффективного нагрева плазмы за счет аномальной трансформации высокочастотных волн в низкочастотные. Очень тщательно развита теория торможения пучка в плазме, определены спектры ленгмюровских колебаний, возникающих при стационарной инжекции пучка в плазму, когда уровень возбужденных колебаний ограничивается их индуцированным рассеянием на ионах плазмы.

По-видимому, все большую роль будет играть изучение сильно нелинейных волн. В ФТИ АН УССР построена теория двухмерных ленгмюровских солитонов и осуществлено их ускорение электронным пучком.

Как известно, в плазме в сильно турбулентном состоянии возможно возбудить электрические поля до Гв/см. Такие поля эффективно тормозят, хаотизируют любое упорядоченное движение, например, электронный пучок. Практически использовать сильные поля в плазме можно, если они будут синхронны, когерентны.

Наиболее существенным результатом прошлого года в области плазменных ускорителей является создание и испытание плазменного двигателя, поставленного на спутнике «Метеор». Этот двигатель проработал около 200 ч и перевел «Метеор» на так называемую условно-синхронную орбиту, при этом радиус орбиты спутника изменился на 17 км.

Следует отметить также успехи в создании стационарных плазменных ускорителей. Сейчас стоит задача — на новой основе создать плазменный инжектор для УТС. И, наконец, наступил период более широкого использования плазменных ускорителей для технологических целей.

В ряде институтов и организаций велись работы в области физики электронных и атомных столкновений. Разработана новая методика процессов образования высоковозбужденных частиц и ионизации, основанная на высокой эффективности преобразования некоторых возбужденных молекул в отрицательные ионы. Получены новые данные о сечениях процессов образования возбужденных частиц при атомных и электронных столкновениях.

Проведены также численные расчеты сечений возбуждения и ионизации электронами, фотонами. Значительный прогресс достигнут в технике расчетов на ЭВМ.

Продолжалось изучение физики образования многозарядных ионов. Сильно возрос объем исследований в этой области, что проявилось, в частности, в увеличении числа докладов, представленных

на всесоюзные конференции (более 300 докладов).

Следующая годовая сессия Научного совета по физике плазмы состоится 25—28 февраля 1974 г.

М. С. РАБИНОВИЧ

Советско-французский коллоквиум по технологиям быстрых реакторов

С 19 по 23 марта 1973 г. в НИИАРе им. В. И. Ленина (Димитровград) проходил коллоквиум по технологиям быстрых реакторов.

На двухсторонней встрече обсуждались следующие вопросы:

- 1) технология натриевого теплоносителя;
- 2) опыт эксплуатации инженерных реакторов (БОР-60, «Рапсодия»), опыт проектирования и пуска-наладки энергетических реакторов (БН-350, «Феникс»);
- 3) создание перспективных АЭС с быстрыми реакторами мощностью 1000-1500 Мвт (эл.).

С вводом в строй большого числа натриевых установок встает вопрос о повторном использовании отремонтированного оборудования. Ставится условие, чтобы с такого оборудования были полностью удалены натрий и его соединения. Французскими специалистами был предложен используемый ими метод очистки от натрия узлов реактора, извлеченных из контура без нарушения свойств материалов и геометрической формы конструкций. Наиболее эффективен, по мнению французов, — метод очистки смешанной с воздухом струей холодной воды. Вода подается из специальных распылителей при давлении $\sim 7 \text{ кг/см}^2$. Продукты реакции, главным образом водород (его количество не должно превышать 2%), удаляются из обмывочной камеры. Поскольку процессы идут при низких температурах (менее 100°C), то исключается образование щелочи (при обмывке паром наблюдается образование щелочи). Это одно из важных достоинств метода. Подчеркивалось, что необходима полная разборка и сушка компонентов повторно используемых деталей, причем желательно заменить крепежные детали (болты, штифты и т. п.).

Успешно эксплуатируется экспериментальный быстрый реактор «Рапсодия», мощность которого после реконструкции в январе 1971 г. увеличена с 24 (проектной) до 40 Мвт. Реактор стабильно работает на мощности, легко регулируется.

Эксплуатация натриевых систем не представляет каких-либо затруднений. Небольшие неполадки были связаны с обеспечением вращения пробок (системы перегрузки реактора). В вазоре между неподвижными и вращающимися частями конденсировались пары натрия, что затрудняло вращение пробок. Продувка вазора гелием позволила выравнять в нем температурное поле и увеличить давление. Это исключило осаждение в вазоре паров натрия.

В конце 1972 г. закончен монтаж и начались наладочные работы на быстром реакторе «Феникс» [$\sim 250 \text{ Мвт (эл.)}$]. В конце 1972 г. — начале 1973 г. реактор был заполнен натрием (800 т); за счет тепла, выделяемого насосами, в марте 1973 г. температура в первом контуре была повышена с 200 до 350°C . Загрузка топ-

ливных пакетов и набор критичности намечаются в июне, выход на мощность — в третьем квартале 1973 г. Представляют интерес результаты уже выполненных исследований. Проведены вибрационные испытания первого контура с помощью 60 вибродатчиков, 40 из которых были закреплены на оборудовании, расположенном в корпусе реактора. Вибрация элементов благодаря низкой скорости течения натрия практически отсутствует. Крупной неприятностью при пуско-наладочных работах было попадание $\sim 30 \text{ л}$ масла в реактор из вентиляторов системы газового разогрева первого контура, что вызвало задержку в проведении работ. Реактор был охлажден, некоторые элементы демонтированы, был обеспечен доступ людей внутрь реактора. Полагают, что после очистки в реакторе осталось $\sim 5 \text{ л}$ масла. Сделан вывод о необходимости обеспечения доступа во все полости и к элементам внутри бака реактора, слива натрия и охлаждения бака.

Обращает на себя внимание большой комплекс экспериментальных исследований для обоснования проекта: на крупногабаритных моделях (масштаб $1/4—1/25$) были измерены распределение скоростей теплоносителя во всех важных точках внутри бака, в том числе и за счет естественной конвекции; распределение расхода теплоносителя при симметричной и несимметричной (часть оборудования выключена) работе первого контура; пульсации потоков теплоносителя и вызванные ими вибрации; была имитирована авария с расплавлением активной зоны путем взрыва модели $1/25$ корпуса реактора.

Широким фронтом ведутся работы по проектированию быстрого реактора с натриевым охлаждением электрической мощностью 1200 Мвт («Суперфеникс»). Мощность выбрана с учетом использования опыта АЭС «Феникс», а также выпускаемого промышленностью энергетического оборудования (турбогенераторов единичной мощностью 600 Мвт). Так же, как и для «Феникса», принята интегральная компоновка первого контура. Имеются некоторые различия в конструкции. Так, вместо плоской охлаждаемой верхней крышки применена верхняя несущая плита, на которой неподвижно крепится все оборудование первого контура. В этой части реактор «Суперфеникс» напоминает английский прототип PFR. Для тепловой и гидравлической симметрии использованы четыре тепловыделяющие нитки — по две на каждую турбину.

Большое внимание уделяется созданию надежно работающей конструкции прямооточного парогенератора. Несмотря на общую, фактически эскизную стадию разработки всей АЭС начато изготовление в металле крупномасштабных моделей парогенераторов (тепловая мощность модели 40—60 Мвт). Одновременно рассматривается возможность применения двух принци-