

которые следствия масштабной инвариантности. Автор показал, что в пределе $f_\pi \rightarrow 0$ и $m_\pi \rightarrow 0$ из масштабной инвариантности вытекает теорема Померанчука. А. Б. Кайдалов и др. (СССР) построили мультипериферическую модель с реджизованным пионом, позволившую с одним параметром описать большую совокупность экспериментальных данных. Результаты вычисления инклюзивных спектров на основе дуальной V_6 -модели и теоремы Меллера были представлены К. Библиом и др. (ГДР). Имеется хорошее согласие с опытом. Общие ограничения на параметры квазипотенциала были получены в работе С. В. Голоскокова и В. А. Матвеева (ОИЯИ). В обзорном докладе С. М. Биленького (ОИЯИ) излагались теории слабых и электромагнитных взаимодействий Вайнберга. Анализ возможных эффектов, связанных со слабыми токами второго рода, нашел отражение в работе Г. Пичмана (Австрия). М. Локайчек (Чехословакия) дал детальный анализ соотношения унитарности для S -матрицы. Показано, что возможна последовательная формулировка теории поля без принципа суперпозиции и соотношения унитарности. Я. Вотруба и др. (Чехословакия) предложили новый метод проверки СРТ-тео-

ремы. В. Новак (ГДР) рассказал о развитых им феноменологических методах определения спина и четности системы трехчастичных барионных резонансов и четности трехчастичных барионных резонансов был посвящен доклад М. Беднаржа (Чехословакия). А. В. Тарасов и Л. Г. Ткачев (ОИЯИ) рассмотрели когерентное и некогерентное взаимодействия частиц высоких энергий с ядрами.

Таким образом, изложенное указывает на многообразные проблемы, обсуждавшихся на симпозиуме. Следует отметить работу Оргкомитета во главе с директором Института экспериментальной физики Словацкой Академии наук проф. И. Дубинским. Тесные научные связи и непринужденная обстановка позволили участникам симпозиума детально обсудить экспериментальные и теоретические исследования по физике высоких энергий, ведущиеся в социалистических странах.

Труды симпозиума будут опубликованы ОИЯИ в 1973 г.

С. М. БИЛЕНЬКИЙ, В. М. СИДОРОВ

Международная конференция по взаимодействию лазерного излучения с веществом

Конференция проходила с 9 по 13 октября 1972 г. в Марли-ле-Руа (Франция). Она была организована Французским комиссариатом по атомной энергии и Исследовательским центром в Лимейле и посвящена одному из актуальных направлений в современной физике, а именно, получению высокотемпературной плазмы с помощью лазеров и решению таким способом проблемы управляемых термоядерных реакций.

По своему характеру конференция близка к бордоским конференциям, на которые допускаются лишь ограниченное число специалистов, наиболее активно работающих в данный момент в этой области, и только по приглашению Оргкомитета конференции.

Основная цель конференции — оперативный обмен информацией о последних экспериментальных результатах, новых перспективных путях решения проблемы, новых типах установок и программах работ в основных исследовательских центрах на ближайшее время. В конференции приняли участие около 110 человек (из них 50 человек — французские ученые в основном из центров в Лимейле и Сакле). Иностранцы представляли практически все крупные научные центры мира, в которых ведутся такие исследования. В составе советской делегации были акад. Н. Г. Басов, О. Н. Крохин, Т. Г. Крюков, П. П. Папинин. Заслушано 55 докладов. Материалы конференций не публикуются.

Из докладов можно сделать вывод, что значительных успехов по разогреву плотной плазмы с помощью лазеров в последнее время получено не было. В ряде лабораторий вслед за французскими учеными на основе наносекундных лазеров на неодимовом стекле с энергией до 100 Дж при использовании твердых мишеней из дейтерия или мишеней из дейтерированного полиэтилена получен устойчивый нейтронный выход $\sim 2 \cdot 10^4$ нейтр/имп. По-прежнему рекордным остается

результат $\sim 10^6$ нейтр/имп, достигнутый при облучении мишени на девятиканальной лазерной установке ФИАН СССР. По-видимому, наиболее существенными результатами в этой области можно считать установление сильной зависимости нейтронного выхода от условий фокусировки (Исследовательский центр в Лимейле), а также обнаружение сильного уменьшения нейтронного выхода при использовании в качестве задающего генератора в лазерной системе лазера на иттрий-алюминиевом гранате (Институт физики плазмы в Нагойе, Япония). Последний результат пока трудно объяснить даже качественно.

Ряд теоретических докладов был сделан по механизмам передачи энергии от лазера к плазме. В них анализировались различные типы неустойчивостей в плазме в сильном поле и их возможная роль в повышении эффективности энергетического вклада, в том числе роль неустойчивостей типа вынужденного бриллюэновского рассеяния, параметрических и пучковых неустойчивостей и т. д. Экспериментальные работы в этой области по-прежнему находятся в начальной стадии и новые результаты носят чисто качественный характер. Обнаружены изменения характера отражения излучения от плазмы в зависимости от роста плотности потока лазерного излучения, появления быстрых нейтронов, жесткого рентгеновского излучения и быстрых ионов. Существенно, что в теоретическом плане ведущие лаборатории (Лос-Аламос, Ливермор и т. д.) перешли к широкому применению современных вычислительных машин для постановки численных экспериментов. Это позволяет более точно оценить относительно роль различных механизмов нелинейного взаимодействия лазерного излучения с плазмой и более наглядно представить себе физическую картину неустойчивостей во времени и пространстве.

Заметный прогресс достигнут в разработке методов диагностики лазерной плазмы. Отработана методика диагностики быстрых ионов с одновременным определением абсолютного выхода быстрых частиц и распределения частиц по энергиям. Показано, что существенная доля жесткого рентгеновского излучения в лазерных экспериментах обусловлена излучением, возникающим на стенках камеры при попадании на них быстрых частиц. Это усложнило диагностику плазмы по сплошному рентгеновскому излучению. Более детальное развитие получили методы изучения параметров плазмы по поглощению и излучению в спектральных линиях тяжелых многозарядных ионов. Эта методика весьма перспективна, так как позволяет продвинуться в область очень высоких плотностей плазмы, где применение других методов ограничено. Особенно интересен доклад о теоретическом и экспериментальном исследовании неравновесных распределений населенностей состояний высоковозбужденных ионов (П. Жегле, Франция). Эти результаты важны не только с точки зрения разработки правильной методики диагностики лазерной плазмы по спектральным линиям в рентгеновской области. Авторами по существу впервые экспериментально доказана возможность получения сильнонеравновесных состояний, что позволяет надеяться на создание рентгеновских лазеров. Вообще говоря, усовершенствование спектральных измерений в рентгеновской области наряду с усовершенствованием методики измерений функции распределения быстрых ионов, по-видимому, будет служить в ближайшее время основой диагностики лазерной плазмы, особенно плазмы очень высоких плотностей.

Работы по лазерным системам для получения высокотемпературной плазмы можно разделить на два направления. Цель первого — разработка следующего поколения лазеров наносекундной и пикосекундной длительности с энергией в импульсе 10^3 — 10^4 дж. Основное назначение этих установок — проведение исследований по определению выхода энергии синтеза, электронной и ионной температур, роли неустойчивостей и эффективности энергетического вклада от энергии и мощности лазера, а также от типа лазерной мишени. Основное внимание при этом по-прежнему уделяется лазерам на неодимовом стекле. В 1973 г. в Ливерморской лаборатории, в Лос-Аламосе, в Рочестерском университете и в Морской исследовательской лаборатории (США) предполагается ввод в действие установок на энергию $\sim 10^3$ дж. Лазеры на энергию $\sim 10^4$ дж проектируются в Ливерморской лаборатории и в лаборатории фирмы «КМС-индастриз» (США). Некий интерес представляют работы Института физики плазмы (Гархинг, ФРГ) по созданию лазера мощностью порядка 1—2 Гвт и длительностью 10 нсек на основе фотодиссоциации CF_3J (или C_3F_7J) с длиной волны 1,316 мкм. Сейчас разрабатывается система на энергию 10^3 дж.

Цель второго направления — более отдаленная перспектива решения проблемы управляемого термоядерного синтеза. В этом случае необходимы увеличение к. п. д. лазерной системы и возможность работы в раз-

ных спектральных диапазонах. Здесь перспективными считаются электроразрядные лазеры на колебательных переходах молекул CO_2 с длиной волны 10,6 мкм. В Лос-Аламосской лаборатории разрабатывается сейчас лазерная система с энергией порядка 10^3 дж с последующим ее развитием до 10^4 дж. В Национальном исследовательском совете в Канаде создан лазер на CO_2 с энергией 300 дж и длительностью импульса 60 нсек.

Ведутся поиски по эффективному преобразованию излучения ИК-лазеров в видимый и, возможно, УФ-диапазоны методами нелинейной оптики и с использованием вынужденных эффектов.

Центр тяжести работ по управляемому термоядерному синтезу с помощью лазеров сместился к анализу предложения по реализации сверхсильного сжатия и нагрева сферической мишени из твердой смеси D — T до плотностей, в 10^3 — 10^4 раз превышающих начальную плотность. Качественно рассматривались устойчивость сжатия и различные аспекты взаимодействия лазерного излучения с мишенью и окружающей ее плазмой «короны». Анализировались неустойчивости плазмы в области сильного лазерного излучения и их роль в эффективности энергопередачи от лазерного пучка к плазме, вынужденные бриллюэновское и комптоновское рассеяния, параметрическая, двухпоточковая и релятивистская неустойчивости. Особое внимание уделялось возможному влиянию возникающего в результате этих эффектов немасвелловского распределения электронов на прогрев сжимаемого центрального ядра мишени. Это может сильно снизить достижимые величины сжатия.

Новые результаты касались расчетов сжатия поллой D — T-сферы. В области малых энергий лазеров эта модель дает менее оптимистические результаты, чем сплошная сферическая мишень. Однако она привлекательна тем, что в принципе позволяет использовать лазерные импульсы большой длительности и снижает крайне высокие требования к фокусировке лазерного излучения. Расчеты показывают, что при лазерной энергии 0,8 Мдж можно получить коэффициент усиления по энергии порядка 100.

Интересная модель термоядерной мишени, в которой D—T-горючее сжимается тяжелым сферическим лайнером, была проанализирована С. Калижским (Польша). При этом рассмотрены два случая: разгон сферы за счет взрыва на поверхности и разгон с помощью лазерного излучения. Данная схема обладает тем преимуществом, что за счет большой инерции системы разгон может осуществляться медленнее (а следовательно, длительности лазерных импульсов могут быть больше, мощности ниже и роль неустойчивостей меньше), а условия сгорания D — T-смеси улучшаются.

В заключение можно отметить, что в наиболее развитых странах в последнее время ведутся интенсивные работы как по теоретическому анализу, так и по созданию уникальных лазерных систем для проверки реальных перспектив лазерного термоядерного синтеза.

П. П. ПАШИННИН