

сказания с измерениями и количественно определять параметры, ответственные за неупругий процесс. Это, таким образом, дает возможность установить общие закономерности неупругих переходов.

Проблема управления реальным химическим процессом (его скоростью и направлением) в условиях его интенсификации мощным активизирующим агентом (типа радиационного или лазерного) тесно связана с уровнем наших знаний о механизме процесса и законах, управляющих отдельными его стадиями. До недавнего времени все наши представления об элементарных реакциях в газах были основаны на сравнении измеренных макроскопических скоростей реакций с вычисленными для конкретной модели. Неизбежное статистическое усреднение эффектов отдельных столкновений при подсчете наблюдаемого макроскопического выхода продуктов реакции, как правило, стирает различия моделей. Такое положение неудовлетворительно и с точки зрения перспектив использования химических процессов для генерации лазерного излучения. В этом смысле уникальные возможности открывает исследование химических реакций с помощью метода пересекающихся пучков. В таких исследованиях удается получить очень детальную информацию о вероятности, динамике и энергетике элементарного процесса столкновения с химическим превращением партнеров. Прикладная ценность таких исследований очевидна, и они неопределимы в связи с разработкой надежной теории элементарных процессов.

Результатам пучкового изучения элементарных атомно-молекулярных процессов, характерных для столкновений низкотемпературной плазмы, был посвящен доклад В. И. Гольданского, В. Б. Леонаса, Л. Ю. Русина. Аналогично химическим процессам процессы молекулярного переноса, возбуждения внутренних степеней свободы молекул в газах ранее изучались на макроскопическом уровне. Создание надежной теории элементарных атомно-молекулярных процессов и возможности ее последующих количественных приложений следует связывать с получаемой в пучковых экспериментах непосредственной информацией о потенциалах парного взаимодействия, вероятностях поступательно-колебательных (и вращательных) переходов.

Новый подход к изучению элементарных атомно-молекулярных процессов (упругого рассеяния, энергообмена, химических превращений) не означает замены одних методов другими; его цель — получение такой экспериментальной информации, которая позволит резко повысить «предсказательность» теории, необходимую в связи с запросами новейшей техники. Проблема

экспериментов «второго поколения» был посвящен доклад Г. Ф. Друкарева. Даже самые совершенные эксперименты не могут дать полной информации о процессах столкновения из-за не устраненного пока усредняющего эффекта, вызванного спектром спиновых состояний и ориентациями взаимодействующих частиц. Эксперименты второго поколения должны преодолеть это, и в докладе обсуждались способы реализации «поляризованных» столкновений.

В докладе В. В. Титова показаны два аспекта исследований атомных столкновений. С одной стороны, показана возможность и плодотворность использования концепции парных столкновений в задаче о движении высокоэнергетичной частицы в периодической структуре типа атомной решетки, с другой — отчетливо показано, как методика чисто физического эксперимента может стать основой нового технологического процесса создания твердотельных электронных приборов с заданными параметрами.

Из отдельных работ, положенных на конференцию, можно выделить выполненные в Ужгороде исследования сечений оптического возбуждения при столкновениях электронов, ионов и атомов. Детальному изучению возбуждения внутренних и внешних оболочек атомов были посвящены доклады ученых Физико-технического института им. А. Ф. Иоффе. Там же создана и используется оригинальная методика исследования энергетических уровней высоковозбужденных отрицательных ионов. Значительный интерес вызвал доклад о созданной в Институте химической физики АН СССР крупной установке для исследования химических реакций в пересекающихся пучках.

Таким образом, конференция показала качественное и количественное расширение исследований; вновь отмечен рост и высокий научный уровень теоретических работ. Наряду с этим выявлены и недостатки. При общем высоком удельном весе теоретических работ неоправданно мало внимания уделяется анализу столкновений атомов и молекул при малых энергиях. Приводившиеся данные о процессах при тепловых энергиях получены, как правило, на основе измерений макроскопических свойств, которые переводятся в сечения микроскопических процессов лишь при определенных (далеко не всегда оправдывающихся) предположениях. Недостаточное внимание к развитию пучкового эксперимента в области низких энергий нашло отражение в обсуждении методических проблем.

Следующая всесоюзная конференция по этой проблеме состоится в 1975 г.

В. Б. ЛЕОНАС

Советско-шведский симпозиум по физике тепловых и быстрых реакторов

С 11 по 15 сентября 1972 г. в Дубне проводился первый советско-шведский симпозиум по физике тепловых и быстрых реакторов. В работе симпозиума и последующем ознакомлении с ведущими советскими научно-исследовательскими институтами приняли участие известные шведские специалисты И. Юнг, Б. Персхаген, Е. Хеллstrand, Р. Перссон, Е. Тенерц и др. Было заслушано и обсуждено более тридцати докладов, в том числе около двадцати советских докладов. В докладе В. Т. Руденко описываются импульсный быстрый реактор ИБР и задачи, решаемые на этом

реакторе в ОИЯИ. Изучению физических особенностей быстрых реакторов на физических сборках БФС посвящены доклады Ю. А. Казанского и В. А. Дулина. Теоретические и экспериментальные вопросы физики тепловых реакторов были отражены в докладах И. Н. Абориной, В. И. Наумова и др.

Различным вопросам расчета быстрых реакторов, выработке требований к ядерно-физическим данным, составлению библиотек ядерных данных и реакторных программ посвятили свои выступления Р. И. Никольский, С. М. Зарицкий, И. П. Маркелов и М. Н. Зизин.

С интересом были встречены советские доклады по наиболее актуальным проблемам математической теории ядерных реакторов, разработке новых методов решения реакторных уравнений и развитию представлений по теории реакторов (В. В. Хромов, И. Д. Ракитин, В. Н. Артакин, А. В. Воронков, Б. П. Кочуров, Е. С. Цапелкин, Н. И. Лалетин).

С содержательными докладами выступили шведские специалисты.

Руководитель Отдела проектирования реакторов Е. Тенерц рассказал о проблемах реакторно-физических исследований и разработок для проектирования и определения характеристик активной зоны тепловых реакторов. Он отметил, что старые проблемы физики реакторов, такие, например, как расчет критической массы, потока нейтронов, коэффициентов реактивности, баланса реактивности и выгорания, теперь решаются с большей точностью, чем требуется для работы реактора.

Сегодняшние проблемы — это комбинация теплопередачи, гидравлики, нейтронной физики, управления реактором и экономики. Физика реакторов является частью реакторной технологии, и все относящиеся к ней проблемы должны изучаться одновременно.

Общие вопросы развития ядерной энергетики в Швеции и связанные с этим требования к реакторной физике осветил в своем докладе Б. Персхаген.

До середины 60-х годов основное внимание уделялось тяжеловодным реакторам корпусного типа. Первый такой реактор в Агесте был пущен в 1963 г. Его тепловая мощность около 80 Мвт. Строительство прямооточного кипящего тяжеловодного реактора в Марвикене на 140 Мв(эл.) было прервано в 1970 г. из-за сильной конкуренции со стороны легководных кипящих реакторов (BWR).

В 1965 г. началось строительство первого промышленного водо-водяного кипящего реактора BWR на 440 Мв(эл.) в Оскарсхамне. Он был пущен в августе 1971 г. и в феврале 1972 г. стал производить электроэнергию.

Ниже представлены перспективы развития ядерной энергетики в Швеции:

Год	Мощность АЭС, Мв (эл.)	Доля АЭС в общем производстве электроэнергии, %
1975	2600	15
1980	8600	30
1985	16500	50
1990	25500	60

Строительство промышленных быстрых реакторов-размножителей предполагается в Швеции не ранее 1980—1990 гг.

Активная зона тяжеловодного реактора в Агесте рассчитывалась по простой двухгрупповой методике с экспериментальной проверкой на экспоненциальной сборке ZEBRA. Расчеты оказались в хорошем согласии с экспериментом.

Для конструирования реактора в Марвикене были разработаны более строгие расчетные методы. Так, на основе решения кинетического многогруппового уравнения в интегральной форме была составлена программа расчета ячеек FLEF.

Для изучения макрораспределений нейтронных полей в тяжеловодных реакторах создано несколько многогрупповых двух- и трехмерных программ, основанных на гетерогенном методе типа источник — сток и написанных на языке FORTRAN.

В Швеции ведется большая работа по физике легководных реакторов BWR и PWR.

Разработанные расчетные методы проверялись как во время пуска реактора «Оскарсхамн-1», так и на высокотемпературной сборке KRITZ (Р. Перссон). Один из главных результатов — систематические расхождения между теоретическими и экспериментальными значениями температурного коэффициента реактивности.

В настоящее время разрабатывается программа изучения решеток с горючим в виде двуокиси плутония. При этом плутониевые твэлы будет поставлять КАЗ США.

В методах расчетов, развиваемых в Швеции, основное внимание уделяется предсказанию характеристик реакторов во время работы и оптимизации перегрузок горючего, а также изучению плутониевого цикла в тепловых реакторах. Наиболее широко для расчетов параметров решеток применяется двумерная многогрупповая программа BUXY (М. Эдениус), по которой готовятся макроскопические константы для диффузионных расчетов полей энерговыделения в больших энергетических реакторах по программе POLCA, основанной на трехмерном сеточном одногрупповом решении уравнения диффузии. Эта программа включает в себя термгидравлические расчеты двухфазного потока и производит итерации по плотности теплоносителя в зависимости от мощности с учетом ксенонового отравления.

Пусковые работы и начало эксплуатации реактора «Оскарсхамн-1» дали большую информацию по проверке расчетной системы BUXY—POLCA, в том числе по реактивности, распределением полей и влиянию регулирующих стержней. Как отметил Е. Тенерц, совпадение расчетов с экспериментами оказалось намного лучше, чем ожидалось.

Изучение физики быстрых реакторов началось в Швеции в 1964 г. с пуском критической сборки FRO в Студевике (загрузка 600 кг металлического урана 20%-ного обогащения). На сборке проведен цикл важных экспериментов (Е. Хеллstrand). Так определялись эффективные сечения десяти различных изотопов продуктов деления в трех различных спектрах быстрого реактора, среднее число быстрых нейтронов деления $\bar{\nu}$ для U^{235}

и Pu^{239} . Расчетные и экспериментальные величины $\bar{\nu}$ совпадали в пределах погрешности эксперимента. Наконец, проводились эксперименты по исследованию скоростей реакций в различных конфигурациях зоны воспроизводства.

Исследованиям эффекта Доплера и сравнению их данных с теоретическими посвящен доклад Х. Хэггблума. Результаты такого сравнения вполне удовлетворительны, если учесть гетерогенные эффекты в экспериментальных образцах, а также тонкую структуру спектра и перекрывающиеся резонансы.

В Швеции проводится большая работа по оценкам и компиляции ядерных данных, весьма актуальная в настоящее время.

По программе SPENG нейтронный спектр рассчитывается в 2000 энергетических групп для конечной гомогенной смеси и вырабатываются эффективные сечения и групповые константы для любого группового разбиения. Для тех групп, где существенны резонансная самоэкранировка и перекрывающиеся резонансы, усредненные сечения рассчитываются по программе DORIX как функция температуры и эффективного потенциального сечения. В докладе Х. Хэггблума излагается метод определения оцененных нейтронных данных с одновременным рассмотрением большого числа (51) макроскопических характеристик, полученных на быстрых реакторах (31 критическая сборка). Интересно отметить, что при этом сечение деления U^{235} и сечение захвата

U^{238} намного ниже данных широко известной библиотеки ENDF/B-11 в наиболее важной для быстрых реакторов области энергий.

Начиная с 1966 г. в Швеции ведутся проектные разработки трех различных типов быстрых реакторов-размножителей мощностью 1000 Мв(эл.) с натрием, газом и паром в качестве теплоносителя, причем основное внимание уделяется натриевым быстрым реакторам. Предполагается, что первоначальное строительство промышленного быстрого реактора-размножителя начнется не раньше 80-х годов.

О работах по развитию расчетных методов и программ для быстрых реакторов доложил К. Йирлов.

Основная цель системы программ — определение соответствующей геометрии и состава активной зоны, а также эффективного топливного цикла при условии, что глубина выгорания и удельная мощность в активной зоне и зоне воспроизводства не выходят за разумные пределы.

В заключение можно отметить, что встреча советских и шведских ученых была весьма плодотворной.

В соответствии с договоренностью в 1973 г. в Швеции будет проведен ответный шведско-советский симпозиум по инженерным вопросам ядерной безопасности реакторов.

И. Д. РАКИТИН

Краткие сообщения

♦ Вторая школа ЦЕРНа по обработке экспериментальных данных на ЭВМ проходила с 10 по 24 сентября в Амстердаме.

В школе приняли участие молодые физики — вычислители из 19 стран Европы, в том числе двое из СССР. Лекции, прочитанные учеными из стран-участниц ЦЕРНа, охватили широкий круг вопросов: методику трансляции; применение малых ЭВМ в физике; системное программирование; использование больших вычислительных систем.

Для физиков-экспериментаторов интерес представляют лекции второй группы. Среди них особенно интересен курс лекций В. Захарова (Англия), в которых развиваются общие принципы построения и математического обеспечения систем малых ЭВМ, обрабатывающих экспериментальные данные «он-лайн».

Примером хорошо продуманной и организованной системы с вычислительной машиной «он-лайн» является «Ω-проект» ЦЕРНа — универсальный магнитный спектрометр, позволяющий регистрировать и анализировать самые разнообразные процессы в физике высоких энергий (Р. Рассел).

Установка для исследования ядерных реакций при средних энергиях (BOI) создана в Амстердамском институте ядерных исследований для работ на синхротроне (Дж. Оберски). Система регистрации работает с двумя ЭВМ PDP-8, связанными в свою очередь с EL-X8.

Одна из лекций была посвящена бортовым вычислительным машинам для спутников (М. А. Перри, Нидерланды).

Р. Кайзер (ЦЕРН) и Дж. Шрамль (ФРГ) продемонстрировали возможности использования ЭВМ для управления ускорителями и радиотелескопами.

Серия лекций (Ф. Джеймс, Г. Уинд, ЦЕРН) были посвящены общим вопросам математической обработки крупных массивов информации. В частности, Г. Уинд дает интересный метод геометрического восстановления треков при наличии большой статистики, позволяющий значительно экономить машинную память путем использования ранее вычисленных коэффициентов.

В целом материалы школы ЦЕРНа по обработке экспериментальных данных на ЭВМ представляют большой интерес.

♦ В соответствии с соглашением о сотрудничестве в области мирного использования атомной энергии между ГКАЭ СССР и Канадской государственной организацией «Атомик энерджи оф Канада» с 18 по 28 сен-

тября 1972 г. в Советском Союзе находилась делегация канадских специалистов по теплоносителям ядерных реакторов во главе с Н. Дж. Динном.

Члены делегации посетили Институт атомной энергии им. И. В. Курчатова, Энергетический институт им. Г. М. Кряжжановского, Институт теплофизики СО АН СССР, Физико-энергетический институт в Обнинске, Московский энергетический институт, а также Научно-исследовательский институт атомных реакторов им. В. И. Ленина в Димитровграде.

Интересы делегации были сосредоточены на следующих вопросах: теплоотвод при использовании кипящей воды в качестве теплоносителя; химия водного теплоносителя, т. е. поддержание требуемого состава и необходимого количества солей, а также водорода и кислорода; коррозия поверхностей контуров и разное поведение коррозии по контурам; активация продуктов коррозии и отложение их на поверхностях контура; радиационная обстановка и ремонт оборудования. Советские ученые и специалисты сделали сообщения по этим вопросам. Со своей стороны канадские специалисты рассказали о работах, проведенных в Канаде, по исследованию кризиса теплоотдачи и закритических режимов, а также об использовании в реакторах органических теплоносителей.

Встречи прошли в дружественной обстановке. Члены канадской делегации выразили свое удовлетворение сообщениями и дискуссиями.

♦ Десятая сессия Франко-советской комиссии по научным вопросам состоялась 26—28 сентября 1972 г. в Институте физики высоких энергий в Серпухове. На заседаниях комиссии были обсуждены основные итоги совместных работ на комплексе экспериментальных установок ИФВЭ, включающем французскую жидководородную пузырьковую камеру «Мирабель» и системы, которые обеспечивают сепарированный пучок на эту камеру.

За период, прошедший со времени последней сессии, камера «Мирабель» в целом работала удовлетворительно. В майском сеансе 1972 г. в пучке K^- -мезонов с импульсом 34 Гэ/с было получено около 22 тыс. фотографий.

Анализ данных просмотра 950 снимков позволил определить примерный состав пучка: 93% K^- -мезонов, 2% μ^- -мезонов, 5% прочих примесей. Фон составлял 20% от пучка. В пучке K^+ -мезонов работа оказалась невозможной, так как фон от μ^- -мезонов в пять—шесть раз превышал величину фона, наблюдавшегося в пуч-