

СОВЕЩАНИЯ И КОНФЕРЕНЦИИ

539. 1 (063)

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ СЕМИНАР «ПОЛУКЛАССИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ
АТОМНЫХ И ЯДЕРНЫХ СТОЛКНОВЕНИЙ»**

(Институт им. Н. Бора, Копенгаген, 24—31 марта 1985 г.)

Проведение международного семинара «Полуклассическое описание атомных и ядерных столкновений» является первым из трех основных научных мероприятий, проводимых институтом им. Н. Бора к 100-летию со дня рождения Нильса Бора (7 октября 1985 г.). Тематика семинара выбрана в соответствии с первыми работами Нильса Бора, начатыми 50—70 лет назад. С тех пор теоретическое описание атомных и ядерных столкновений с помощью полуклассических представлений ушло далеко вперед. Особенный скачок в развитии теории наблюдается в последние 20—25 лет.

Интенсивное использование квазиклассических методов наблюдается не только в задачах атомной физики, впервые поставленных Нильсом Бором, но и в вопросах столкновения ядер с ядрами. Последние проблемы возникли сравнительно недавно и были обусловлены развитием экспериментальных работ, которые велись и широко продолжают в настоящее время с использованием пучков тяжелых ионов тандемных электростатических ускорителей, изохронных циклотронов и синхроциклотронов и линейных ускорителей. Интерес к полуклассическому описанию столкновений атомов и ядер объясняется прежде всего тем, что достигается более наглядное понимание процессов, так как вводится понятие траектории движения, а также вследствие того, что при этом предсказываются качественно новые возможности временного развития процессов столкновений, например, появление орбитирования, радужного рассеяния и т. д.

В то же время надо отметить, что вопросы столкновения атомов и молекул относятся в основном к проблемам, которыми занимается химия, а столкновение ядер с ядрами является сейчас одним из наиболее перспективных направлений ядерной физики. Кроме того, имеется еще одно весьма важное направление: прохождение тяжелых частиц и электронов через вещество. Особенно интересно сейчас прохождение частиц через кристаллы и возникающие при этом эффекты каналирования. Эти проблемы тесно связаны с физикой твердого тела. Отмеченная разнородность явлений, входящих в тематику семинара, обуславливает и различный характер основной деятельности участников семинара, которые большей частью весьма плохо представляют себе состояние работ в смежных областях атомных и ядерных столкновений. Поэтому по замыслу организаторов семинара проведение такого широкого мероприятия должно было способствовать развитию научных контактов между физиками и химиками, нахождению общих проблем и методов их решения.

Следует также учесть, что, несмотря на то, что все доклады — теоретические и экспериментальные — были посвящены фундаментальным вопросам атомной и ядерной физики, проводимые в этих областях исследования имеют

большое значение во многих областях физики. Так, работы по атомным столкновениям дают необходимый теоретический и экспериментальный материал для развития физики плазмы и физики твердого тела. Изучение ядро-ядерных соударений в значительной степени направлено на поиск путей синтеза сверхтяжелых элементов. При повышении энергии ускоренных ядер открываются возможности исследования фазовых переходов в ядерной материи.

На семинаре проходили только пленарные заседания. Программа семинара была построена таким образом, что каждый день утром заслушивался обзорный доклад, касающийся общих квантовомеханических принципов описания атомных и ядерных столкновений. Это доклады о классическом пределе квантовой механики (В. Миллер, Беркли, США), метод функциональных интегралов (С. Левит, Массачусетский технологический институт, США), ВКБ-приближение (Д. Бринк, Оксфорд, Англия), матрица плотности в фазовом пространстве (доклад Ф. Захариазена из Калифорнийского технологического института, США, представленный Дж. Далем из Технического университета Дании).

Далее каждый день рассматривалась определенная проблема физики столкновений, причем половина докладов была по физике атомных столкновений и половина по физике ядерных столкновений, обычно по 3—4 доклада. Были обсуждены вопросы упругих и неупругих столкновений атомов и ядер, столкновения с перераспределением частиц после взаимодействия, в том числе проблема захвата электронов атомами, сложные столкновения. Последний день был посвящен вопросу прохождения атомных частиц через вещество, где большой известностью пользуются работы Университета г. Орхус (Дания). Основным докладчиком был Й. Линхард из этого университета, который известен своими пионерскими работами по эффекту каналирования.

Доклады физиков из США касались в основном ядерных столкновений и общих вопросов квантовой механики. Основным докладом было сообщение известного специалиста из Лаборатории им. Лоуренса в Беркли В. Святецкого «Трение в ядерных столкновениях», где был дан обзор методов теоретического описания ядерных столкновений с помощью введения классических характеристик поверхностного взаимодействия ядер. В семинаре также принял участие один из крупнейших специалистов по атомной теории У. Фано из Института им. Дж. Франка университета Чикаго. Широко известен вклад У. Фано в развитие теории взаимодействия фотонов и электронов с атомами, которой он занимался более 40 лет. Его доклад на семинаре касался важного вопроса современной квантовой теории: применение квазиклассического метода Венцеля — Крамерса — Бриллюэна (ВКБ-метода) к решению многомерного уравнения Шрёдингера. Такое уравнение описывает сложные случаи поведения электрона в кулоновском и магнитном поле или двух электронов в кулоновском поле. В то время как ВКБ-метод в одномерном случае очень нагляден и поэтому пользуется большой популярностью, в многомерном случае его применение встречает большие трудности. У. Фано предложил оригинальную процедуру, основанную на разложении решения по набору волновых функций в сепарабельном приближении.

Надо выделить также доклад известного американского специалиста по квантовой химии В. Миллера из Калифорнийского университета, США, которым открылась работа семинара. Доклад был посвящен классическому пределу квантовой механики. В нем были рассмотрены основные вопросы полуклассического метода в теории столкновений: получение оператора Больцмана, введение потенциала для описания траектории, формализм полуклассической теории переноса, форма потенциала для поверхностного взаимодействия атомных систем.

Западногерманские физики представили основной доклад по теории взаимодействия атомных систем при малой энергии. П. Тоэннис из Института им. М. Планка (Гёттинген, ФРГ) рассмотрел две проблемы, наиболее важ-

ные в современном развитии теории. Это возникновение радужного рассеяния при столкновении достаточно тяжелых атомов и молекул, например, лития и азота или окиси углерода, а также аргона и кислорода, и влияние структуры молекулы на вид углового распределения. В последнее время большое внимание обращено на изучение оптических аналогий в процессе рассеяния. П. Тоэннис привел примеры использования дифракции Фраунгофера при описании неупругого рассеяния атомов гелия на азоте при энергии несколько десятков МэВ по аналогии с неупругим рассеянием α -частиц ядрами цинка при энергии 40 МэВ, проведенным С. И. Дроздовым и Е. В. Инопиным, а позже американским физиком С. Блейром. Подобные методы сейчас применяются также для изучения рассеяния атомов на поверхности кристалла.

Институт им. Н. Бора представил на семинар сообщение одного из научных руководителей института О. Винтера по теории ядерных реакций передачи. Был дан обзор большого цикла работ, проведенного О. Винтером и сотрудниками в последние годы. На основе квазиклассической теории реакции передачи с тяжелыми ионами рассчитаны сечения реакции и поляризации. Наиболее подробно рассмотрены реакции передачи двух нуклонов. Описаны различные эффекты, наблюдаемые в эксперименте, например, подъем сечения в области больших углов для канала упругого рассеяния. Показано, что реакции двухнуклонной передачи позволяют получать ядерные состояния остаточных ядер с большим значением углового момента до 20 в области редкоземельных ядер и до 30 в области актинидов.

Проблеме глубоко неупругого взаимодействия тяжелых ядер при энергии несколько МэВ на нуклон был посвящен доклад Дж. Хузенга из университета Рочестера, США. Рассмотренный случай столкновения ядер занимает промежуточное положение между реакциями, идущими через составное ядро, и квазиупругими процессами. Дан анализ столкновения очень тяжелых ядер, например, висмута и ксенона. С помощью введения потенциала рассчитаны сечения в зависимости от атомного веса и заряда ядер и от их энергии, а также даны оценки девозбуждения и испускания легких ядер. В докладе рассмотрена и возможность построения динамической модели взаимодействия, основанной на теории переноса.

На последнем заседании семинара состоялась общая дискуссия по затронутым проблемам. Вел дискуссию председатель оргкомитета О. Винтер. Были обсуждены некоторые вопросы развития теории полуклассического описания столкновений: о применимости ВКБ-приближения, о проницаемости барьера и влияния нулевых колебаний; о новых приложениях метода Хартри — Фока с зависимостью от времени.

Семинар проходил в атмосфере дружбы и сотрудничества, что постоянно напоминало его участникам о Нильсе Боре не только, как об одном из основоположников современной физики, но и как о создателе одного из опытейших физических коллективов.

С. П. Каница, А. Б. Куренин