539.18

III ВСЕСОЮЗНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ПО ФИЗИКЕ ЭЛЕКТРОННЫХ И АТОМНЫХ СТОЛКНОВЕНИЙ

(Харьков, 21—28 июня 1965 г.)

Положение, которое занимают электронные и атомные столкновения в общем круге проблем и приложений атомной физики, во многом аналогично тому, которое занимают ядерные реакции в физике атомного ядра. Как в той, так и в другой области процессы столкновений используются для получения частиц в различных состояниях и для анализа этих состояний. Как в той, так и в другой области вычисляются и измеряются одни и те же параметры (эффективные сечения, угловые распределения, положения резонансов и т. п.), хотя, разумеется, численные значения соответствующих величин совершенно различны. Теоретическое рассмотрение в обеих областях имеет много общего, и нередко методы, развитые в одной области, переносятся в другую. В качестве примеров можно привести метод искаженных волн в теории прямых ядерных реакций, разработанный первоначально для задач электронно-атомных столкновений, и метод резонансов в электронно-атомных столкновениях, заимствованный из теории сильного взаимодействия элементарных частиц.

Несмотря на важное значение электронных и атомных столкновений для атомной физики, их роль еще около десяти лет назад явно недооценивалась. Положение резко изменилось в связи с появлением таких практических проблем, как разработка МГД генераторов, развитие физики плазмы, физики космоса, физики атмосферы, квантовой радиофизики и т. п. Новые, нетрадиционные задачи кинетики, связанные с указанными проблемами, послужили мощным стимулом для развития физики электронных и атомных столкновений. Этому развитию в значительной степени способствовало появление новых теоретических и экспериментальных методов исследования процессов. Теоретические расчеты стали гораздо более эффективными благодаря применению электронных вычислительных машин. В экспериментах широкое распространение получили масс-спектрометрические методы и метод скрещенных пучков, и появились работы, использующие метод совпадений. Все это позволило проводить гораздо более детальное изучение процессов и более аргументированное и критическое сопоставление теории с экспериментом.

Возрождение интереса к физике электронных и атомных столкновений способствовало значительному расширению исследований этой области в ряде стран и, в частности, в СССР. В настоящее время соответствующие исследования ведутся в нашей стране в ряде научно-исследовательских институтов и вузов, среди которых следует отметить: Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе АН СССР, Физический институт им. П. Н. Лебедева АН СССР, Физико-технический институт АН УССР, Институт химической физики АН СССР, Физико-химический институт им. Л. Я. Карпова, Институт физики АН ЛатвССР, университеты: Московский, Ленинградский, Харьковский, Киевский, Львовский, Ужгородский, Томский и др.

Отражением нового этапа в развитии физики электронных и атомных столкновений является организация конференций, специально посвященных этой области. До настоящего времени состоялось четыре международных и три всесоюзных конференции. Первая международная происходила в Нью-Йорке в 1958 г., первая всесоюзная — в 1959 г. в Риге. На этой конференции присутствовало 130 делегатов и было сделано 30 докладов; на второй (Ужгород, 1962 г.)— 280 делегатов и 91 доклад, на третьей — 300 делегатов и 119 докладов.

Харьковская конференция открылась докладом В. В. Афросимова, Ю. С. Гордеева, М. Н. Панова и Н. В. Федоренко (ЛФТИ) «Ионизация и рассеяние при характеристических потерях энергии в атомных столкновениях». В докладе излагались результаты экспериментов, в которых было показано, что ионизационные процессы при столкновении многоэлектронных систем при энергиях порядка десятков *кэв* сопровождаются характеристическими потерями энергии. По мнению М. Я. Амусья, это явление может быть объяснено коллективными колебаниями электронов в электронных оболочках. Как сам доклад, так и предложенная трактовка вызвали весьма оживленную дискуссию, которой был посвящен специально организованный для этой цели симпозиум.

Экспериментальные исследования, доложенные на конференции, охватывают широкий круг процессов, различающихся по виду взаимодействия, диапазону энергий, роду взаимодействующих частиц.

Основными результатами большинства из этих исследований явились зависимости эффективных сечений соответствующих процессов от скорости частиц.

Значительное число докладов было посвящено столкновениям тяжелых частиц, причем в большинстве случаев при средних энергиях, примерно от одного до нескольких десятков *кэв*. В доложенных работах исследовались различные процессы: иониза-

ция, возбуждение, обдирка (потеря электронов быстрыми частицами), резонансная и нерезонансная перезарядка, образование отрицательных ионов, диссоциация молекул. Назовем некоторые из этих работ. Б. И. Кикиани, Г. Н. Огурцов и И. П. Флакс (ЛФТИ) исследовали ионизацию и перезарядку при столкновении ионов и атомов щелочных металлов с инертными газами, а также с водородом и азотом в интервале энергий 1—30 *кэв*. В работе обнаружено существенное влияние строения электронных оболочек сталкивающихся частиц на величину сечения ионизации. В частности, относительно большие сечения наблюдаются при сходном строении электронных оболочек. Сечения перезарядки монотонно растут со скоростью ионов и с ростом атомного номера иона, достигая при наибольших скоростях значений порядка 10^{-16} *см*^{2}. В. Ф. Козлов (ФТИ АН УССР) доложил о результатах измерения сечений двойной перезарядки однозарядных положительных ионов для таких комбинаций взаимодействующих частиц и при таких энергиях, когда исключена возможность образования какой-либо частицы в возбужденном состоянии. Взаимодействующими партнерами являлись ионы водорода (атомарные), лития, натрия, калия и нейтральные частицы — атомы гелия, неона, аргона и молекулы водорода. Результаты измерений, производившихся в адиабатической области, обнаружили заметное отступление хода эффективного сечения от предсказанного теорией.

В. А. Гусев, Д. В. Пилипенко и Я. М. Фогель (ФТИ АН УССР) измеряли сечения потери электрона отрицательными ионами водорода при столкновениях с молекулами O_2, NO и CO. В случае столкновений H^- — CO на кривой зависимости сечения от скорости наблюдается структура, природу которой авторы связывают с переходом электрона к молекуле CO, причем образованный отрицательный ион может затем диссоциировать на заряженные или нейтральные осколки и электрон. Ими же измерены и сечения образования отрицательных ионов. Потере электронов отрицательными ионами был также посвящен доклад Ю. Ф. Быдина (ЛФТИ), который исследовал этот процесс при столкновениях ионов щелочных металлов с атомами инертных газов. Энергия ионов в этих опытах изменялась в пределах от 600 до 3000 *эв*. Полученные результаты были проанализированы с точки зрения теории взаимодействия отрицательных ионов с атомами, развитой О. Б. Фирсовым и Б. М. Смирновым.

В работе Р. Н. Ильина, В. А. Опарина, Е. С. Соловьева и Н. В. Федоренко (ЛФТИ) показано, что образование высоковозбужденных атомов водорода при перезарядке протонов с энергией до 30 *кэв* с атомами щелочных металлов значительно эффективнее, чем при перезарядке с атомами инертных газов. Эта работа входит в круг работ, связанных с идеей накопления в магнитных ловушках быстрых ионов водорода, возникающих в результате лоренцевой ионизации атомов, находящихся на высоких уровнях возбуждения (с главным квантовым числом от 10 и выше). К работам, связанным с проблемой управляемых термоядерных реакций, относится также работа Г. Ф. Богданова, А. Н. Кархова и Ю. А. Кучеряева «Диссоциация быстрых молекулярных ионов водорода и перезарядка быстрых протонов в литиевой дуге». В этой работе измерялись сечения образования протонов и атомов водорода при диссоциации молекулярных ионов водорода на ионах лития и сечения перезарядки протонов в области энергий от 40 до 160 *кэв*.

Столкновениям при больших энергиях частиц (сотни *кэв* и *Мэв*) было посвящено небольшое число докладов, представленных в основном лабораторией Института ядерной физики МГУ, руководимой В. С. Николаевым, и сотрудниками Физико-технического института АН УССР под руководством Л. И. Пивовара. В этих докладах излагались результаты исследований угловых и энергетических распределений рассеянных частиц, образования многозарядных ионов (с кратностью ионизации до 12), измерений сечений потерь и захвата электронов положительными и отрицательными ионами.

Развитие работ по низкотемпературной плазме требует знания сечений различных процессов в области малых энергий, в пределе до десятых долей *эв*. К сожалению, эта область энергий представляет для эксперимента весьма значительные трудности. Подобного рода работ в литературе крайне мало. На конференции были доложены лишь две работы — обе относящиеся к измерениям сечения резонансной перезарядки. В одной из них, выполненной Б. М. Палюхом и Л. С. Савчиным (Львовский университет), «классическим» методом задерживающего поля определялось сечение перезарядки калия и цезия при энергиях от 100 до 3 *эв*. Во второй работе В. А. Беляев, Б. Г. Брежнев, Е. М. Ерастов предложили оригинальный метод измерения сечений, основанный на том, что пучки взаимодействующих частиц движутся совместно с близкими скоростями. В работе, носящей еще предварительный характер, измерялось сечение перезарядки протонов с атомами водорода. Энергия частиц в пучке составляла около одного *кэв*, энергия относительного движения протонов и атомов — порядка нескольких десятков *эв*. К сожалению, даже при значениях этой энергии около 30 *эв* погрешность измеренных сечений еще чрезмерно велика.

Наряду с измерениями сечений взаимодействия тяжелых частиц, в некоторых работах эти взаимодействия использовались в качестве средства исследования. Здесь в первую очередь следует назвать разработку методики исследования горячей плазмы

пучками быстрых частиц. Используя резонансную перезарядку атомов водорода на протонах, В. В. Афросимов, Б. А. Иванов, А. И. Кисляков, М. П. Петров (ЛФТИ) измеряли концентрацию протонов на установке «Альфа». Л. И. Крупник и Н. Г. Шулика (ФТИ АН УССР) теоретически проанализировали возможности методики для определения параметров водородной и гелиевой плазмы при различной плотности и различной степени ионизации.

К числу подобных работ можно отнести и работу А. Б. Камнева и В. Б. Леонаса, в которой рассеяние на малые углы при столкновении атомов использовалось для определения потенциальных функций взаимодействия всех комбинаций атомов инертных газов.

Среди доложенных экспериментальных работ наиболее многочисленную группу составили исследования столкновений (преимущественно неупругих) электронов с атомами и молекулами. В большинстве этих исследований особое внимание уделялось высокой монокинетизации электронных пучков, что позволило разрешить структуру функций возбуждения. В докладах, представленных Ужгородским университетом (И. П. Запесочный, Л. Л. Шимон, О. Б. Шпеник и др.), были приведены результаты измерения функций возбуждения атомов щелочных металлов, металлов второй группы, инертных газов, молекул азота. Большой дискуссии при этом был подвергнут вопрос о природе сложной структуры функций возбуждения. В то время как природа ряда максимумов не вызывает сомнения, поскольку она легко объясняется наличием каскадных переходов, в других случаях происхождение значительного числа пиков ждет еще своего объяснения. По мнению И. П. Богдановой (ЛГУ), дополнительные пики на кривой функции возбуждения гелия (вблизи порога возбуждения) обусловлены наличием примесей.

Ионизация атомов электронным ударом явилась предметом исследований Г. М. Бейлиной, С. И. Павлова и В. И. Раховского (Всесоюзный электротехнический институт им. В. И. Ленина). В своей работе они применили метод пересекающихся пучков, что позволило им измерить сечения ионизации тяжелых атомов (серебра, меди, свинца).

Исследованиям различных процессов при столкновениях электронов и ионов с молекулами, сопровождающихся ионизацией, диссоциацией, возникновением возбужденных электронных и колебательных состояний и т. п., был посвящен ряд докладов во главе с обзорным докладом Н. Н. Туницкого «Соударения электронов и ионов с молекулами». В этом докладе рассматривались закономерности и механизм соударений многозарядных ионов с атомами и молекулами и приведены данные о влиянии электронного и колебательного возбуждения на ионно-молекулярные реакции.

А. А. Перов, С. Е. Куприянов и Н. Н. Туницкий (Физико-химический институт им. Л. Я. Карпова), изучая диссоциацию молекулярных ионов водорода на неоне, показали, что измеренное сечение диссоциации зависит от способа образования ионов. При ионизации водородсодержащих молекул сечения значительно больше, чем при ионизации молекул водорода. Авторы объясняют это различие различием в распределении полученных ионов по колебательным состояниям.

Г. Е. Спежакова, М. В. Тихомиров и Н. Н. Туницкий сообщили о результатах экспериментального исследования ионно-молекулярных реакций молекулярного иона водорода с молекулой водорода и атомом гелия при различной энергии ионизующих электронов. Эти результаты находятся в хорошем согласии с теоретическими соображениями, развитыми на основе предложенной О. Б. Фирсовым статистической модели процессов.

Той же группе вопросов были посвящены два доклада С. Е. Куприянова. «Долгоживущие возбужденные состояния ионов и молекул и их роль в процессах столкновений» и «Образование ионов гидридов благородных газов и ионов H_3^+ при столкновении возбужденных атомов и молекул с невозбужденными», доклад В. Ю. Орлова «Многозарядные ионы в масс-спектрах некоторых кремнийорганических соединений» и некоторые другие.

На конференции был доложен ряд работ, в которых сведения об элементарных процессах, протекающих в плазме, получались не путем изучения однократных столкновений и измерения соответствующих сечений, а на основе анализа свойств и поведения самой плазмы. Хотя определяемые при этом характеристики оказываются, как правило, усредненными по энергиям, такого рода исследования являются, пожалуй, в настоящее время основным способом получения информации о процессах столкновений в низкотемпературной плазме, поскольку, как было сказано выше, непосредственные измерения при столь низких энергиях представляют значительные экспериментальные трудности.

Исследования низкотемпературной плазмы производились различными методами: оптическими, электрическими, радиочастотными — и иногда их совокупностью. Результаты этих исследований дают возможность судить об относительной роли отдельных элементарных процессов при различных условиях создания и поддержания плазмы.

М. А. Ельяшевич с сотрудниками (Институт физики АН БССР) рассмотрели условия, при которых в плазме под влиянием межмолекулярных электрических

полей возникают запрещенные переходы. По их интенсивности были определены концентрации заряженных частиц в дуге постоянного тока и в плазменной струе импульсного разряда. Т. В. Баженова и Ю. С. Лобастов, используя метод поглощения радиоволн, исследовали плазму газа, нагретого ударными волнами до температур 2000—7000° К. На основании измеренных значений концентрации электронов и эффективного числа столкновений электронов с атомами определены усредненные по распределению скоростей значения сечений столкновения в азоте, кислороде, CO, CO_2 и аргоне. Измеряя оптические и электрические характеристики разряда в смесях N_2 + Ar, CO + Ar, N_2 + CO и N_2 + He, Л. А. Черненко, В. В. Кохоненко, Н. А. Прилежаева (Томский университет) определили сечения ударов второго рода между возбужденными атомами и молекулами. Также на основе электрических и оптических измерений Э. Г. Гневышева, Л. А. Луизова, В. С. Кривченкова и А. Д. Хахаева исследовали механизм возбуждения ионизации гелия и неона в положительном столбе разряда.

Элементарным процессам в гелиевом разряде были посвящены работы И. Я. Фуголя и П. Л. Пахомова «Исследование процесса парных столкновений метастабильных атомов в послесвечении гелиевой плазмы при 77 и 20° К» и В. П. Чеботаева «Разрушение 2^3S- и 2^1S-метастабильных атомов гелия электронами в положительном столбе тлеющего разряда». В этих работах на основании экспериментальных данных произведены оценки сечений разрушения метастабильных атомов — в первой атома 2^3S при столкновении с нормальным атомом 1^1S, а во второй — усредненных по скоростям электронов при столкновении с электронами атомов 2^3S и 2^1S.

Результаты исследования низкотемпературной плазмы и протекающих в ней элементарных процессов содержались также в докладах Л. И. Гречихина и Л. Я. Минько «Исследование процессов, вызывающих свечение в электродных разрядных трубках», В. М. Каслина, Г. Г. Петраша и А. С. Хайкина «Исследование процессов передачи энергии между уровнями в плазме газового лазера», Е. П. Остапченко, О. Н. Орешак и В. А. Степанова «Исследование разряда в смесях ртуть — криптон и кадмий — ксенон», А. П. Моторненко «Исследование электрических и спектральных свойств высокочастотного газового разряда». Некоторые из перечисленных и других аналогичных работ ставились в связи с задачами квантовой радиофизики и технической магнитной гидродинамики. Другие доклады были посвящены процессам, представляющим интерес для физики верхних слоев атмосферы. Из них весьма обстоятельным был обзорный доклад Г. С. Иванова-Холодного и А. Д. Данилова «Химия ионосферы», в котором показано, как результаты лабораторных исследований элементарных процессов, с одной стороны, и данные, полученные при изучении ионосферы, с другой, должны взаимно дополнять друг друга. Это тем более необходимо, что в ряде случаев лабораторные значения констант элементарных процессов недостаточно надежны.

А. Г. Коваль, В. Т. Коппе и Я. М. Фогель (ФТИ УССР), исследуя спектры свечения молекул N_2, O_2, CO, CO_2, NO и воздуха и сравнивая эти спектры со спектрами испускания тех же газов при возбуждении медленными электронами и протонами с энергией 37 *кэв* и со спектрами полярных сияний, пришли к заключению (носящему предварительный характер) о том, что в механизме возбуждения полярных сияний, наряду с быстрыми электронами, существенную роль играют и медленные электроны. На основании того же анализа авторы полагают, что в тех слоях атмосферы, где возникают полярные сияния, кислород находится в основном в диссоциированном состоянии.

Вопросы, выдвигаемые астрофизикой, были отражены в докладе В. И. Чередниченко (Киевский политехнический институт), который, используя эмпирические соотношения для сечений перезарядки, ионизации и диссоциации молекул, высказал предположение, что наиболее вероятными процессами распада молекул CO_2 в атмосферах комет являются перезарядка, диссоциативная перезарядка и диссоциация при столкновениях.

Три доклада на конференции были посвящены фотоионизации. В первом из них (докладчики Г. С. Воронов, В. М. Горбунков, Г. А. Делоне, Н. Б. Делоне, Л. В. Келдыш, О. В. Кудреватова, М. С. Рабинович) излагались теоретические расчеты и эксперименты по многофотонной ионизации в сильном электромагнитном поле оптической частоты, создаваемом лазером в газе при столь низком давлении, когда длина свободного пробега значительно больше области, в которой сосредоточено электрическое поле, так что поле действовало на отдельные атомы. Во втором докладе М. Е. Акопян, Ф. И. Вилесов и А. Н. Теренин привели результаты исследования фотоионизации ряда органических молекул, в том числе и некоторых труднолетучих соединений, в спектральной области, простирающейся до 14 *эв*. Третий доклад — Н. Я. Додоновой — содержал исследование флуоресценции NO при фотодиссоциации N_2O под действием вакуумной ультрафиолетовой радиации при энергии фотонов до 11,7 *эв*.

Наибольшее число доложенных теоретических работ, так же как и экспериментальных, было посвящено столкновениям электронов с атомами. Соответствующие

исследования проводятся в основном в Ленинградском университете, Физическом институте АН СССР и Институте физики АН ЛатвССР. Для значительного большинства этих работ характерно широкое применение электронных счетных машин, что позволило учесть ряд новых факторов, не поддававшихся ранее расчету, а также расширить число объектов расчета.

Назовем некоторые из относящихся сюда работ и их результаты. М. Гайлитис с помощью предложенного Ханом вариационного принципа вычислил триплетные и синглетные фазы рассеяния электронов на атоме водорода при полном моменте $L = 0, 1, 2$. Расчет обнаружил наличие предпороговых резонансов. И. Винкалис рассчитал парциальные сечения ионизации атома водорода электронным ударом для моментов L от 0 до 6. В работе рассматривается влияние различных факторов: обмена, поляризации и т. п. В работах Э. Карулеи Р. Петеркопа рассчитано сечение рассеяния электронов атомами щелочных металлов при энергиях ниже порога возбуждения и сечения возбуждения при энергиях, несколько превышающих порог (до 5 *эв*).

В. Велдре, Л. Рабик, А. Ляш определили в борновском приближении полные эффективные сечения возбуждения неона и аргона для переходов всех первых шести возбужденных конфигураций.

Все перечисленные работы были выполнены в Институте физики АН ЛатвССР.

Ленинградским университетом представлены следующие доклады указанного направления.

Т. В. Жихарева «Резонансные явления при упругом рассеянии электронов на атомах гелия»: в работе исследовано поведение сечения S- и P-рассеяния вблизи порога возбуждения. При учете обмена при энергиях ниже порога возбуждения уровня 2^3S наблюдается резонанс в сечении, обусловленный связанным состоянием электрона в поле возбужденного атома.

В. Ф. Братцев и В. И. Очкур «Обменное возбуждение атома гелия электронным ударом»: авторы с помощью модифицированной формулы Борна — Оппенгеймера провели расчеты функций возбуждения атома гелия из основного состояния и состояния 2^3S.

Теоретические исследования электронных столкновений, выполненные в Физическом институте АН СССР, были изложены в следующих докладах.

Л. А. Вайнштейн и Л. П. Пресняков «О возбуждении атомов через промежуточный уровень»: с помощью методов, предложенных авторами совместно с И. И. Собельманом, рассчитаны сечения для ряда переходов в атомах щелочных элементов на уровни, расположенные выше резонансного. При этом оказывается, что для переходов $n_0S \to (n_0 + 1)\,P$ (n_0 — главное квантовое число основного уровня) сечение перехода через промежуточный уровень значительно больше сечения прямого перехода.

Л. А. Вайнштейн и А. В. Виноградов «Ионизация атома с одновременным возбуждением иона при электронном ударе»: в работе рассмотрены процессы, в результате которых изменяется состояние не менее чем двух электронов. Расчет, произведенный во втором борновском приближении, показал, что сечения процесса типа $Ar\ (3p^6) + e$ по порядку величины сравнимы с сечением обычной ионизации.

И. Л. Бейгман «Сечения ионизации ионов электронным ударом в борн-кулоновском приближении»: автором вычислены сечения ионизации некоторых уровней возбужденных ионов углерода и гелия.

М. А. Мазинг и И. И. Собельман показали возможность оценки эффективного сечения неупругих взаимодействий электронов с возбужденными атомами путем измерения ширины и сдвига спектральных линий в плазме. На основе соответствующих измерений были определены эффективные сечения ряда переходов между возбужденными уровнями He, Ne и Ar^{++}.

Ряд теоретических работ был посвящен столкновениям тяжелых частиц. Отметим работы по исследованию резонансной и нерезонансной перезарядки. Г. В. Дубровский и В. Д. Объедков (ЛГУ) рассмотрели эндотермические реакции типа $A^+\,(^1S) + B\,(^1S) \to A\,(^2S) + B^+\,(^2P) - \Delta E$ в области энергий 1—2 *кэв*. Особенностью процесса явилось сильное поляризационное взаимодействие частиц в конечном состоянии. На основе полученных результатов авторы рассчитали сечения перезарядки ионов щелочных металлов с атомами инертных газов. Е. Е. Никитиным (Институт химической физики) разработана теория нерезонансной перезарядки многозарядных ионов, учитывающая сильное кулоновское взаимодействие. Решение проведено в двухуровневом приближении с использованием точной асимптотики электронных волновых функций. Полученные результаты позволяют выяснить границы применимости различных теорий нерезонансной перезарядки. Ю. Е. Мурахвер (ЛГУ) произвел расчет углового распределения резонансной перезарядки ионов и атомов гелия. Проведенный в квазиклассическом приближении учет различия траектории для симметричного и антисимметричного состояний квазимолекулы приводит к сглаживанию осцилляций.

В работе Ю. Н. Демкова развивается теория отрыва электрона при медленном столкновении отрицательного иона с атомом, когда при сближении ядер связанное состояние сливается со сплошным спектром.

Расчеты разнообразных процессов ионизации и возбуждения при атомных и атомно-молекулярных столкновениях содержались в докладах А. В. Виноградова и И. А. Полуэктова (ФИАН) «О возбуждении атомов нейтральными частицами» (расчет сечений возбуждения атома водорода при столкновении с молекулой азота и атомом водорода), А. Д. Дербеневой (АН ТаджССР) «Сечения ионизации и сечения диффузии для Fe, Ca, Si, Mg с O, N при 0,4—1,5 *кэв*», Ю. Сажинева и Ю. В. Булгакова «Расчет сечения диссоциации иона H_2^+ при столкновении с атомом водорода» и др.

Помимо конкретных расчетов на конференции были также представлены доклады, посвященные общим вопросам теории и разработке новых методов расчета. В докладе Ю. Н. Демкова и Г. Ф. Друкарева рассматриваются условия, при которых S-матрица имеет полюсы второго порядка в плоскости комплексных импульсов. Исследовано резонансное рассеяние в приближении двух близких (или совпадающих) полюсов. В. С. Рудаковым (ЛГУ) предложен вариационный принцип для квазистационарных и виртуальных состояний, с помощью которого произведены расчеты для некоторых простейших примеров. В работе В. Д. Объедкова (ЛГУ) вводится комплексный потенциал, описывающий рассеяние электрона при энергиях порядка ионизационного потенциала. Оценочный расчет рассеяния электрона на атоме водорода оказывается в близком согласии с данными, полученными во втором борновском приближении. Подобный же метод введения комплексного потенциала применен в работе Л. Г. Яковлева и Д. Х. Халиковой (ИФ АН УзССР) для описания столкновений атомов и ионов. В качестве конкретного примера произведен расчет для соударений ионов с атомами гелия, неона и аргона в области энергий до десятков *кэв*. Полученные результаты удовлетворительно согласуются с экспериментальными данными. М. И. Файнгольд (ИЯФ АН УзССР) указал на необходимость учета эффекта закручивания частиц вокруг рассеивающего центра при столкновениях, происходящих при энергиях порядка 0,001—0,01 *эв*. Наличие этого эффекта должно играть заметную роль в процессах, протекающих в низкотемпературной плазме.

Приведенный обзор проблем, обсуждавшихся на конференции, показывает, что исследование электронных и атомных столкновений в СССР занимает значительное место в общем плане физических научно-исследовательских работ и охватывает все наиболее важные вопросы в этой области. Выполняемые и публикуемые работы завоевали заслуженный авторитет во всем мире. Свидетельством этого, в частности, является то, что очередную, пятую международную конференцию по электронным и атомным столкновениям решено провести в СССР, в Ленинграде, в 1967 г., объединив ее с четвертой всесоюзной.

Г. Ф. Друкарев, Л. А. Сена