

PERSONALIA

Памяти Владимира Александровича Молчанова

27 сентября 1999 г. умер выдающийся физик, доктор физико-математических наук, профессор Московского государственного университета, крупный ученый в области взаимодействия ионов с поверхностями твердых тел Владимир Александрович Молчанов.

В.А. Молчанов родился 2 ноября 1930 года в селе Ивойлово Н.-Петровского района Московской области в семье учительницы. С 1948 г. — он студент физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова. Дипломную работу выполнял в ФИАНе под руководством И.Л. Фабелинского. В.А. Молчанов считал И.Л. Фабелинского своим учителем и сохранил признательность и уважение к нему до конца своей жизни. По окончании университета В.А. Молчанов работает два года на кафедре общей физики физического факультета МГУ, участвуя в постановке ряда оптических задач в физическом практикуме.

В 1955 году под руководством Л.А. Арцимовича на физическом факультете МГУ организуется кафедра атомной физики и электронных явлений. По просьбе Л.А. Арцимовича В.А. Молчанов был переведен на его кафедру. Прежде всего была поставлена задача срочно создать атомный практикум, начать семинарские занятия и научные исследования. Во всем этом В.А. Молчанов принимал самое непосредственное и активное участие. При неоценимой поддержке Л.А. Арцимовича и огромной технической поддержке механических и электромастерских руководимого Л.А. Арцимовичем Отдела плазменных исследований ЛИПАНа В.А. Молчановым была создана в НИИЯФ МГУ¹ одна из первых в мире установок для пучковых исследований (а не в газовом разряде, как это делалось раньше) взаимодействия ионов с поверхностями твердых тел.

Физика атомных столкновений с поверхностями твердых тел по существу только начиналась и В.А. Молчанову довелось одновременно с рядом других исследователей в нашей стране и в мире создавать эту науку. Основной целью его исследований было установление и подробное исследование механизмов явлений, возникающих под действием ионной бомбардировки поверхностей твердых тел, как квазиэлементарных явлений (таких как рассеяние ионов поверхностями твердых тел и испускание быстрых ионов и атомов отдачи), так и существенно неэлементарных (таких как распыление поверхности, эмиссия вторичных электронов, ионов, фотонов).

Одним из результатов работ по ионно-электронной эмиссии явилось открытие в 1960 году (в соавторстве) явления анизотропии ионно-электронной эмиссии монокристаллов². Суть этого явления состоит в том, что число электронов, эмиттируемых из кристалла под действием ионной бомбардировки, резко уменьшается при совпадении направления падения ионов с кристаллографическими осями мишени.

Явление анизотропии ионно-электронной эмиссии оказалось одним из первых обнаруженных ориентационных эффектов взаимодействия атомных частиц с кристаллами и вместе с рядом других ориентационных эффектов, в том числе эффектом каналирования (1963 г.), легло в основу новой области физики твердого тела — радиационной физики упорядоченных сред. Л. А. Арцимович очень ценил экспериментальное мастерство В.А. Молчанова и считал, что таких экспериментаторов в Советском Союзе немного. Темп иссле-



Владимир Александрович Молчанов
(02.11.1930 – 27.09.1999)

дований В.А. Молчанова был стремительным, он обладал колоссальной работоспособностью. Экспериментальные данные отличались высокой надежностью и вскоре стали относиться к категории классических. Они вошли во многие монографии. При создании новых лабораторий по этим данным тестировали вновь созданную аппаратуру.

В 1965 г. В.А. Молчанов защитил кандидатскую диссертацию по результатам исследований угловых закономерностей разрушения поверхностей металлов моноэнергетическими ионными пучками. В его докторскую диссертацию, защищенную в 1967 г., вошли результаты исследования угловых закономерностей рассеяния ионов, ионно-электронной эмиссии и распыления поликристаллических и монокристаллических твердых тел под действием ионной бомбардировки.

Для дальнейшего развития в НИИЯФ работ по этой тематике по предложению С.Н. Вернова В.А. Молчанов переводится в 1969 г. в отдел физики плазмы НИИЯФ МГУ.

¹ Кафедра находилась в составе ядерного отделения физического факультета, и научная работа сотрудников кафедры традиционно проводится в НИИЯФ.

² Диплом на открытие № 126 в Государственном реестре открытий с приоритетом от 13 октября 1960 года.

Исследования проблем распыления поверхностей твердых тел, история развития этих исследований привлекали внимание В.А. Молчанова. Недаром он считал одним из своих главных дел то, что ему удалось осуществить публикацию перевода на русский язык трех томов известной монографии *Распыление твердых тел ионной бомбардировкой* (1984, 1986, 1998), что способствовало прогрессу исследований взаимодействия атомных частиц с твердым телом в НИИЯФ и в других научных центрах нашей страны. Исследования распыления, выполненные им в последние годы, были посвящены пространственным распределениям распыленного вещества. Эти исследования представляют интерес с фундаментальной точки зрения, поскольку споры о механизмах распыления идут до сих пор. Большинство современных технологий, использующих процесс распыления поверхностей твердых тел, также нуждается в надежных данных о пространственных распределениях распыленного вещества.

Большой цикл приоритетных в мировой науке работ В.А. Молчанова с аспирантами и сотрудниками посвящен исследованию рассеяния ионов средних энергий, т.е. в той области энергий, в которой следует принимать во внимание оба механизма потерь энергии частицей, движущейся в веществе — упругий и неупругий механизмы. Как ни кажется это странным в настоящее время, в начале исследований рассеяния ионов поверхностями твердых тел довольно трудным был путь к заключению о парности взаимодействия рассеивающегося иона с атомами твердого тела. Вспоминая первую встречу с В.А. Молчановым в 1964 г. в Харуэлле во время первого Международного симпозиума по атомным соударениям в твердом теле, известный датский физик Петер Зигмунд написал, что доклад Владимира Молчанова был Евангелием, потому что в то время никто не знал больше него о сравнительно новой области рассеяния ионов.

Наряду с интенсивными исследованиями отражения ионов от неупорядоченных сред и, понимая взаимосвязанность различных процессов взаимодействия ионов с поверхностями твердых тел, В.А. Молчанов обратился и к исследованиям закономерностей рассеяния ионов монокристаллами. При этом был экспериментально установлен ряд важных ориентационных эффектов. В 1965 г. был обнаружен (в соавторстве) и подробно исследован эффект двукратного рассеяния ионов кристаллами (double-scattering effect), состоящий в том, что в энергетическом распределении рассеянных ионов наблюдается система резких пиков, положение одного из которых в шкале энергий соответствует рассчитанному в приближении однократного столкновения рассеивающегося иона с атомом кристалла, а положение другого пика соответствует рассчитанному в приближении двух последовательных столкновений иона с атомами кристаллической мишени. Интерес к обнаруженному явлению, в том числе и в связи с его прикладным значением для анализа состава и структуры поверхностей твердых тел, способствовал его многочисленным исследованиям в различных научных центрах, продолжающимся по настоящее время, а также поискам аналогичных эффектов в сопредельных областях физики.

В 1970 г. В.А. Молчановым с сотрудниками был обнаружен эффект ионной фокусировки, состоящий в том, что пучок ионов, отраженный от монокристалла, оказывается сильно сжатым (иногда в несколько раз) в пространстве, когда направление падения пучка бомбардирующих частиц становится параллельным осям поверхностных полуканалов, образованных плотноупакованными атомами рядами кристалла.

При исследовании отражения от кристаллов молекулярных ионов В.А. Молчановым с сотрудниками было установлено, что относительная доля отраженных молекулярных ионов может резко возрастать, когда направление падения бомбардирующих частиц становится параллельным осям поверхностных полуканалов, и эффект достигает максимальной величины при условиях, соответствующих максимуму ионной фокусировки. Эти исследования показали, что ввиду исключительно сильных угловых зависимостей при использовании молекулярных ионов, значительно более резких, чем в случае использования атомарных ионов, открываются возможности более точной ориентации кристаллов в процессе их облучения, а также оказалось возможным исследовать их структуру, ее специфику и нарушения, и использовать кристаллы в качестве устройств для создания остроуправленных и практически монохроматических пучков поляризованных молекулярных ионов.

За цикл исследований по рассеянию в 1992 г. В.А. Молчанов был избран членом Богемского физического общества (Böhmische Physi-

cal Society) с формулировкой "За фундаментальные исследования рассеяния ионов поверхностями твердых тел".

Большой цикл исследований В.А. Молчанова был посвящен влиянию фазовых переходов в твердых телах на закономерности отражения ионов, распыления ионно-электронной и ионно-фотонной эмиссий, и были разработаны методы исследования структурных фазовых переходов (аморфизации) в твердых телах по ориентационным эффектам взаимодействия ионов с поверхностями твердых тел, в том числе метод отжига радиационных нарушений в процессе облучения, а не после, как в большинстве традиционных методов.

Исследования В.А. Молчанова имели и имеют продолжение и развитие во многих лабораториях мира, полученные им результаты широко использовали и используют теоретики при разработке теорий рассеяния ионов, распыления, ионно-электронной эмиссии. Так, на их основе О.Б. Фирсов создал широко известную теорию малоуглового отражения ионов.

Работы В.А. Молчанова во многом определили развитие методов ионно-рассеивательной спектроскопии и спектроскопии атомов отдачи для исследования состава, атомной структуры, морфологии и динамических свойств твердых тел, включая фазовые переходы и тепловые колебания поверхностных атомов.

Многие исследования В.А. Молчанова проводились в сотрудничестве с коллегами из НИИЯФ МГУ и физического факультета МГУ; со специалистами из ИАЭ им. И.В. Курчатова, ФЭИ, г. Обнинска; МИФИ, Института электроники Республики Узбекистан; Института физики плазмы им. Макса Планка, Гархинг, Германия; Университета Калабрии, Козенца, Италия. Владимир Александрович притягивал к себе и экспериментаторов, и теоретиков, и специалистов в области компьютерного моделирования взаимодействия ионов с твердым телом. Ему были свойственны нетривиальная постановка задач, требующих решения, и происходящие обсуждения всегда порождали новые подходы и исследования. Его интересовали как конкретные исследования тех или иных закономерностей, так и общие проблемы взаимодействия ионов с твердым телом, которые он активно обсуждал как при личных встречах, так и в переписке с И. Линдхардом, Марком Робинсоном, Дж. Фальконе и многими другими известными физиками. В.А. Молчанов работал в научных центрах Германии, Франции и Италии, научные и дружеские связи, совместные исследования с западными коллегами продолжались до конца его жизни.

Четыре монографии В.А. Молчанова (в соавторстве), посвященные рассеянию ионов, опубликованные в Москве (Атомиздат 1980, Энергоатомиздат 1985, 1995) и в Амстердаме (North-Holland, 1985), стали настольными книгами для ученых, работающих в области взаимодействия атомных частиц с твердым телом не только в Советском Союзе и России, но и за рубежом. В соболезновании о кончине Владимира Александровича Дж. Фальконе написал: "It is difficult to find adequate words for the lost of a friend, but that for the scientist is very simple. The contribution of Volodia, both for quality and quantity, in the field of ion-solid interaction has no equal. If you add to this aspect the books that he has written, it is difficult to find a similar scientist in our field."

Работать с Владимиром Александровичем было нелегко, поскольку он требовал полной отдачи сил от сотрудников и аспирантов, но удивительно интересно. При этом его всегда заботила и дальнейшая судьба когда-либо соприкасавшихся с ним студентов, аспирантов и коллег, он всегда радовался успехам своих учеников. Огромная трудоспособность и требовательное отношение к качеству представляемых научных результатов создали В.А. Молчанову высочайший научный авторитет, способствовали формированию молодых исследователей. Общение с коллегами и научные дискуссии происходили не только на работе, во время конференций и дома, но часто и на отдыхе в Крыму, который он хорошо знал и любил самозабвенно.

Светлая память о Владимире Александровиче Молчанове — замечательном ученом и учителе, удивительном человеке, убежденно считавшем, что хорошую работу чужими руками не сделаешь, будет жить в сердцах его друзей, коллег и учеников — всех, кто знал его и общался с ним в работе и жизни.

В.А. Курнаев, Ю.В. Мартыненко, М.И. Панасюк,
В.Д. Письменный, У.Х. Расулев, Е.А. Романовский,
Ю.А. Рыжов, В.А. Садовничий, А.Ф. Тулинов