

PERSONALIA

Памяти Бориса Борисовича Кадомцева

9 ноября исполнилось бы 70 лет ушедшему от нас 19 августа этого года академику Борису Борисовичу Кадомцеву — выдающемуся физико-теоретику, педагогу, просветителю, крупнейшему ученому в области физики плазмы и управляемого термоядерного синтеза.

Борис Борисович Кадомцев родился в семье учителей. Его детские и юношеские годы проходили в Пензе. Среди сверстников он выделялся любовью к физическим и химическим опытам, разного рода поделкам. С 1946 г. он — студент физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова. По окончании университета он работает четыре года в Физико-техническом институте в Обнинске Московской области, участвуя в расчетах по проблеме термоядерного оружия, а затем переходит на работу в Курчатовский институт в теоретический сектор академика М.А. Леонтовича (в возглавлявшийся академиком Л.А. Арцимовичем Отдел теории плазмы).

Начался более чем сорокалетний плодотворный путь Бориса Борисовича в проблеме управляемого термоядерного синтеза (УТС). В первой же своей работе в Курчатовском институте он новым способом быстро решил беспокоившую тогда теоретиков проблему отличия действующего электрического поля в плазме от среднего как в отсутствие, так и при наличии магнитного поля. Затем за короткое время он выполнил исчерпывающие исследования по локальной неустойчивости перестановочных (желобковых) возмущений плазмы, удерживаемой в магнитном поле с замкнутыми магнитными силовыми линиями.

В то время никакого согласия теории магнитного удержания с экспериментом еще не существовало: в отличие от идеализированных теоретических моделей спокойной неоднородной плазмы в магнитном поле, в реальной плазме всегда наблюдались сильные колебания. Трудно было даже представить, как можно подступиться с объяснениями к такой бурлящей субстанции. Вот тут-то и проявились в полной мере характерные для Б.Б. необычайная физическая интуиция и способность образного мышления. Большую роль для теории удержания плазмы в магнитном поле сыграли в начале 60-х объяснения Б.Б. Кадомцевым экспериментов Ленерта и Ху по неустойчивости плазмы в тлеющем разряде, находящемся во внешнем магнитном поле (токово-конвективная неустойчивость) и экспериментов М.С. Иоффе с сотрудниками по обнаружению желобковой неустойчивости и вызываемых ею потерь плазмы. Обе эти работы Б.Б. Кадомцева стали этапными в проблеме УТС, так как они развенчали сложившееся в те годы представление об универсальности и неизбежности "бомовской" диффузии, не оставлявшей надежды на практическую осуществимость термоядерного реактора. Тем самым работы Б.Б. вселили уверенность в возможность управления процессами в плазме. К этому же времени относятся его работы по исследованию механизмов самоподдержания продольного магнитного потока в тороидальном пинче со стабилизацией слабым магнитным полем (в знаменитой в 1958–1968 гг. большой английской тороидальной установке ZETA). По сути, это были первые шаги в объяснении явления самоорганизации сильно неравновесной плазмы при непрерывном вводе в нее энергии.

В начале 60-х Б.Б. Кадомцев активно занимается сложной теоретической проблемой — разработкой теории турбулент-



Борис Борисович Кадомцев
(09.11.1928 – 19.08.1998)

ности плазмы в магнитном поле. Вместе со своим учеником В.И. Петвиашвили он получает кинетическое уравнение для описания рассеяния волн на частицах при слабой турбулентности. В дальнейшем он выполняет крупный цикл исследований по теории коллективных процессов в высокотемпературной плазме, результаты которых подытожены в его монографии *Турбулентность плазмы*, изданной в серии "Вопросы теории плазмы", и в отдельной книге, вышедшей в издательстве "Academic Press". Этот цикл работ принес ему мировое признание как одному из крупнейших специалистов в области коллективных явлений — этой новой актуальной области физики.

В последующем Б.Б. Кадомцев сосредоточивается на исследовании физики плазмы в тороидальных системах — токамаках. Широкую известность получил опубликованный им совместно с О.П. Погуде в 1967 г. в серии "Вопросы теории плазмы" анализ обширного класса возможных неустойчивостей в плазме токамака: гидромагнитных — локальных и

глобальных винтовых, более медленных дрейфовых и диссипативных, а также неустойчивости на запертых частицах. Была дана оценка влияния всех этих неустойчивостей на переносы тепла и частиц. На этой основе в 1967 г. Кадомцевым был сделан важный вывод о технической осуществимости термоядерного реактора на основе токамака. Этот вывод побудил тогдашнего руководителя советской программы УТС академик Л.А. Арцимовича активизировать экспериментальные исследования по токамакам, что уже вскоре привело к мировому признанию этих систем магнитного удержания плазмы. К этому времени относится и получение Кадомцевым совместно с Петвиашвили широко известного теперь двумерного интегрируемого нелинейного уравнения для ионно-звуковых волн (уравнение Кадомцева – Петвиашвили).

Наряду с интенсивной работой в области физики высокотемпературной плазмы Б.Б. Кадомцев не переставал интересоваться общими вопросами теоретической физики. Так, в 1957 г. он построил теорию флуктуаций функции распределения для кинетического уравнения Больцмана. Позже, в связи с открытием пульсаров, он выполнил ряд интересных работ по исследованию свойств вещества в сверхсильном магнитном поле. Около десяти лет назад им выдвинута интересная идея шаровой молнии как газового аккумулятора, в котором самосогласованно генерируются магнитное и электрическое поля. Недавно, в связи с экспериментальным получением конденсата Бозе–Эйнштейна, Б.Б. дал новый прозрачный анализ физики этого фундаментального явления. Со студенческих лет его не оставляла мысль объяснить проявление волновых свойств микротоков как результат их взаимодействия с внешними макроскопическими объектами, и при всякой возможности он следил за новыми идеями в области фундаментальных основ и интерпретации квантовой механики.

Не прекращая плодотворную научную деятельность в объяснении аномальных явлений в плазме токамака (результатами которой явились его основополагающая теория внутренних срывов в токамаке, работа по теории подобия для процессов переноса в плазме в магнитном поле, теория самоорганизации плазмы токамака), Б.Б. ведет большую научно-организационную работу. С 1973 г., после кончины Л.А. Арцимовича, Б.Б. Кадомцев возглавляет Отделение физики плазмы в ИАЭ им. И. В. Курчатова (впоследствии Институт ядерного синтеза РНЦ "Курчатовский институт"). В 1976 г. он становится главным редактором журнала "Успехи физических наук". Одновременно он является председателем Объединенного научного совета РАН по комплексной проблеме "Физика плазмы", руководит научными исследованиями в рамках проекта международного опытного термоядерного реактора.

Заведая кафедрой физики и химии плазмы в Московском физико-техническом институте, Б.Б. Кадомцев отдает много сил работе со студентами. На основе лекций, читавшихся им на кафедре физики плазмы факультета физической и молекулярной химии в 1976 г., была издана книга *Коллективные явления в плазме* (изд-во "Наука"), где в доступной и живой форме изложены основные представления о современной физике плазмы. Издательством "Institute of Physics Publishing" была выпущена его книга *Tokamak Plasma: A Complex Physical System*.

Совсем недавно, в 1997 г., Б.Б. Кадомцевым написана адресованная студентам, аспирантам и научным работникам, интересующимся принципиальными вопросами физики, глубоко продуманная, богатая по содержанию книга *Динамика и информация*. Эта книга знакомит читателя с наиболее актуальными аспектами физики сложных систем. В классической физике поведение таких систем характеризуется явлением динамического хаоса, вследствие чего сколь угодно малые внешние возмущения экспоненциально быстро нарастают внутри системы. Благодаря этому характеристики системы начинают существенно зависеть от состояния окружения. Достаточно слабого внешнего воздействия, чтобы при наличии точек бифуркации система могла перейти в новое возможное состояние. Такой переход можно трактовать как результат

получения объектом сигнала (информации) от внешнего окружения. С усложнением системы информационный аспект ее поведения приобретает большое значение. В квантовой механике информационные аспекты взаимодействия с окружением приобретают еще большее значение. И в своей книге Б.Б. Кадомцев постоянно подчеркивает, что волновая функция имеет информационный характер: она, по существу, описывает "поле возможностей", которые реализуются при измерении. При этом измерение является реально необратимым процессом, фиксирующим одно из возможных состояний, уничтожая другие возможности. Таким образом, происходит коллапс волновой функции, которая поэтому в необратимых процессах должна описываться обобщенным уравнением Шрёдингера со случайным оператором (играющим в квантовой теории ту же роль, что и уравнение Ланжевена в классической). На простом примере открытой квантовой системы, а именно, тяжелой частицы, диффундирующей в газе, показывается, как при рассеянии этой частицы на атомах газа происходит коллапс ее волновой функции и как серия коллапсов приводит к обобщенному уравнению Шрёдингера (с комплексным гамильтонианом), которое учитывает коллапсы, или декогеренцию, открытой системы под воздействием внешнего окружения. Таким образом, происходит естественный переход от квантовой механики к классической, не требующий введения усложненной картины мира с эйнштейновскими "скрытыми параметрами", и как бы детализируется концепция Бора о фундаментальности "случайного" в квантовой механике. Эти представления Б.Б. Кадомцев применил к объяснению неожиданных результатов экспериментов Ю.Л. Соколова — появлению когерентной добавки 2Р-амплитуды у возбужденного 2S-атома водорода, пролетающего вблизи металла. Написанная живо, в стиле свободной дискуссии, эта книга Бориса Борисовича, несомненно, поможет читателю войти в круг принципиальных вопросов современной физики.

Одной из важных сторон деятельности Б.Б. Кадомцева было его активное участие в международном сотрудничестве ученых по проблеме управляемого термоядерного синтеза. Он был членом Координационной комиссии российско-американского сотрудничества в области УТС, первым председателем Международного научно-технического консультативного комитета проекта международного термоядерного реактора ИТЭР, разрабатываемого под эгидой МАГАТЭ. Его международное признание выразилось также в том, что он избран членом Шведской Королевской академии наук, академии "Academia Europaea", почетным доктором Гумбольдтского университета (Германия).

Б.Б. Кадомцев — лауреат Государственной (1970 г.) и Ленинской (1984 г.) премий, он награжден орденом Трудового Красного Знамени и медалями. Он стал лауреатом престижных международных премий за достижения в науке — премии "Fusion Power Associates" (Общество исследователей по проблеме управляемого синтеза) и Ежегодной премии имени Дж. Максвелла Американского физического общества (1998 г.).

Борис Борисович был очень доброжелательным и деликатным человеком. В одном из сообщений о его кончине (Fusion Power Associates Executive Newsletter, September 1998, Vol. 20, No. 9) было сказано следующее: "Boris was well known to fusion scientists throughout the world, not only for his key scientific contributions but also for his warm, outgoing personality and engaging human qualities. He was a man whom it was impossible not to love". Да, это действительно так. И особенно горестно, что Борис Борисович ушел от нас в полном расцвете своего научного творчества.

С уходом такого человека мир становится бедней.

Е.П. Велихов, В.Л. Гинзбург, А.В. Гапонов-Грехов,
А.М. Дыхне, Л.В. Келдыш, Ю.Л. Климонтович,
В.И. Коган, М.Б. Менский, Л.П. Питаевский,
В.Е. Фортков, Н.А. Черноpletков, В.Д. Шаfranов