

К ЮБИЛЕЮ FOR THE ANNIVERSARY

**К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ Л. А. РОТТА, ОСНОВАТЕЛЯ
БЕЛОРУССКОЙ НАУЧНОЙ ШКОЛЫ В ОБЛАСТИ СТАТИСТИЧЕСКОЙ
ТЕРМОДИНАМИКИ И МЕХАНИКИ СПЛОШНЫХ СРЕД**

**TO THE 100 TH ANNIVERSARY OF THE BIRTH OF L. A. ROTT,
THE FOUNDER OF THE BELARUSIAN SCIENTIFIC SCHOOL IN THE FIELD
OF STATISTICAL THERMODYNAMICS AND CONTINUOUS MEDIA MECHANICS**



Лазарь Артурович Ротт (1920–2006)

Доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой теоретической механики (1964–1992), профессор (1992–2005).

Работал в Белорусском лесотехническом институте (переименованном впоследствии в Белорусский технологический институт, а затем в Белорусский государственный технологический университет) с 1953 по 2005 г., с 1964 по 1992 г. заведовал созданной им кафедрой теоретической механики. Деятельность Л. А. Ротта оказала большое влияние на подготовку специалистов физико-математического профиля и на развитие нашего университета в целом.

Л. А. Ротт родился 13 декабря 1920 г. в г. Кургане Челябинской (в то время Курганской) области в семье служащих. В 1934 г. вместе с семьей переехал в Оршу. После окончания средней школы в 1938 г. поступил на физический факультет Московского государственного университета, в котором в это время преподавали такие выдающиеся физики, как Капица П. Л., Ландау Л. Д. и др. 21 июня 1941 г. он сдал последний экзамен за третий курс на физфаке МГУ. В связи с началом Великой Отечественной

войны был призван в армию и вместе с сокурсниками в полном составе переведен в Военно-воздушную инженерную академию имени Жуковского, которую окончил в 1944 г. С августа 1944 г. и до конца войны находился в авиационных частях в составе 1-го Украинского, 3-го Прибалтийского, 3-го Белорусского фронтов. К лету 1953 г. появилась возможность демобилизоваться из армии, чем Лазарь Артурович (значительно чаще его называли Леонидом Артуровичем), имевший к тому времени воинское звание капитана, не замедлил воспользоваться, чтобы заняться научной работой, к которой он стремился. В сентябре 1953 г. был избран по конкурсу для работы в должности ассистента кафедры высшей математики и теоретической механики Белорусского лесотехнического института и фактически до конца своей жизни непрерывно проработал в этом институте, который в дальнейшем был преобразован в технологический университет.

Еще проходя службу в армии, в 1949 и 1950 гг. сдал кандидатские экзамены физико-математического профиля, открывшие ему возможность защиты кандидатской диссертации по теоретической физике. Отличная базовая подготовка по фундаментальным физико-математическим дисциплинам, изученным в МГУ, а также приобретенная подготовка по ряду технических дисциплин, изученных в ВВИА имени Н. Е. Жуковского, стали основой для правильного и быстрого выбора научного направления Леонидом Артуровичем. Он начал работать над практически важной и мало разработанной в то время проблемой описания свойств газов и их смесей при высоких и сверхвысоких давлениях. 3 января 1956 г. на объединенном совете химического и физико-математического факультетов БГУ Леонид Артурович защитил диссертацию «Газовые системы при высоких и сверхвысоких давлениях». Следует отметить, что он и впоследствии всегда выбирал

наиболее важные и перспективные направления научной деятельности и активно участвовал в их разработке.

При подготовке диссертации и после ее защиты Леонид Артурович интенсивно работал над статистико-механическим обоснованием явлений, происходящих в плотных газах. С этой целью им был разработан метод условных распределений, который на первых порах рассматривался как метод обоснования имевшей в то время широкое распространение теории «свободного объема», но в дальнейшем показавший свою применимость далеко за пределами возможностей упомянутой теории и ставший одним из эффективных методов исследования конденсированных молекулярных и ионных систем. Появляется ряд его публикаций в авторитетных советских журналах, таких как «Доклады АН СССР», «Журнал физической химии», «Физика твердого тела», «Доклады АН БССР», в которых дано обоснование предложенного метода, а также его приложения к решению конкретных задач статистической термодинамики. В частности, были получены принципиальные результаты по фазовым равновесиям и расслоению двух- и трехкомпонентных газовых смесей при высоких давлениях, предложены уравнения состояния сжатых газов.

Пионерские работы по экспериментальному исследованию газовых систем при высоких давлениях были выполнены в 50-е гг. прошлого столетия в Государственном институте азотной промышленности (г. Москва) в лаборатории профессора Кричевского И. Р. Были получены интересные результаты по экзотическим на то время фазовым равновесиям газ – газ, необычному поведению парциальных мольных величин при стремлении к нулю концентрации одного из компонентов смеси, кинетическим явлениям в критической области фазовых переходов жидкость – газ (например, критическое замедление химической диффузии). Леонид Артурович установил творческие связи с этой лабораторией, которые поддерживались на протяжении нескольких десятилетий. Им были выполнены важные работы по статистической теории диффузии в критической области, а затем в «Инженерно-физическом журнале» в 1963 г. совместно с Н. Е. Хазановой (сотрудница лаборатории И. Р. Кричевского) опубликован обзор по этой тематике. Также необходимо упомянуть обзор «Фазовые равновесия между двумя несмешивающимися фазами», опубликованный в журнале «Успехи химии» в 1967 г. совместно с искусным экспериментатором Циклисом Д. С.

Еще в 1956 г. Л. А. Ротт, имея соответствующее образование и понимая важность фундаментальных дисциплин для инженерной подготовки, организовал для студентов тогда еще Белорусского

лесотехнического института систему факультативных курсов по физико-математическим дисциплинам на уровне физико-математического факультета классического университета. Слушателями были отлично успевающие студенты. Посещали факультативы и сотрудники академических институтов: Шашков А. Г., впоследствии академик АН БССР, Гуревич И. Г., впоследствии доктор наук. В числе первых слушателей были Немцов В. Б. и Левин М. А., студенты лесоинженерного факультета, будущие доктора наук, профессора. Они закончили БЛТИ в 1959 г. и по распределению были направлены для работы на промышленных предприятиях. Попытки Л. А. Ротта оставить их для работы преподавателями в институте оказались безуспешными. Однако по истечении двух лет Леонид Артурович, будучи в хороших отношениях с заведующим кафедрой теоретической механики Белорусского политехнического института (БПИ) профессором Татуром Г. К., рекомендовал своих бывших студентов к нему в аспирантуру. В. Б. Немцов и М. А. Левин в 1964 г. успешно закончили аспирантуру и вскоре защитили кандидатские диссертации.

В связи с дальнейшим развитием института за счет открытия новых специальностей химико-технологического профиля летом 1964 г. кафедра высшей математики и теоретической механики была разделена на две. Заведующим кафедрой теоретической механики был избран по конкурсу в то время доцент Ротт Л. А., и у него появилась возможность создания и развития своей научной школы. В течение короткого времени кафедра была укомплектована в основном его учениками. В 1966 г. из БПИ возвратился кандидат технических наук Немцов В. Б., начал работу ассистентом выпускник лесоинженерного факультета Вихренко В. С. При кафедре со времени ее создания начал работать руководимый Л. А. Роттом научный семинар, который быстро приобрел широкую известность: на нем регулярно выступали как сотрудники кафедры, так и многие ученые Минска и других городов Советского Союза. Были установлены творческие связи с группой исследователей профессора Голика А. З. из Киевского государственного университета, в котором были сосредоточены разноплановые исследования свойств жидкостей, а также со многими другими научными центрами Советского Союза. Установлены контакты и с представителями Боголюбовской школы по статистической механике. Значительную поддержку в научных исследованиях оказывали видные ученые – профессор Зубарев Д. Н. (Математический институт АН СССР имени В. А. Стеклова) и профессор Климонтович Ю. Л. (Московский государственный университет).

Важную роль в становлении научной школы Л. А. Ротта сыграл III Всесоюзный съезд по теоретической и прикладной механике, состоявшийся при широком представительстве ученых (около 7 тыс. человек, включая свыше ста зарубежных участников) в 1968 г. в МГУ. Съезд был открыт торжественным заседанием в Кремлевском Дворце съездов. На нем были представлены два доклада Л. А. Ротта, В. Б. Немцова и В. С. Вихренко по статистико-механическому обоснованию уравнений механики сплошных сред, встреченные с большим интересом и способствовавшие укреплению авторитета Леонида Артуровича среди ученых-механиков. В Институте механики МГУ у академика Седова Л. И. состоялось обсуждение принципиальных вопросов построения микроскопических моделей сплошных сред и вывода на их основе феноменологических уравнений механики таких сред.

В последующем научные интересы сотрудников кафедры переместились в область статистической теории и термодинамики конденсированных систем. Доцент Немцов В. Б. сосредоточил усилия на разработке последовательной микроскопической теории вязкоупругих свойств молекулярных систем с учетом и без учета вращательных степеней свободы. В. С. Вихренко принимал участие в обосновании метода условных распределений, его обобщении на неравновесные процессы, анализе на основе этого метода различных физических явлений, в частности молекулярного рассеяния света. В 1970 г. он защитил диссертацию по теоретической и математической физике – это была первая диссертация, выполненная под руководством Л. А. Ротта. В следующем году Э. Т. Брук-Левинсоном, выпускником БГУ, была защищена вторая кандидатская диссертация на основе метода условных распределений.

Далее последовали кандидатские диссертации выпускников химического факультета: Наркевича И. И. (1973 г.), ныне профессора кафедры физики, доктора физико-математических наук, который с 1986 по 2013 г. заведовал кафедрой физики, и Бокуна Г. С. (1977 г.), ныне кандидата физико-математических наук, доцента кафедры механики и конструирования. В 1982 г. защитил кандидатскую диссертацию выпускник лесотехнического факультета Кулак М. И., который в дальнейшем создал кафедру полиграфических производств и был ее заведующим до 2017 г., защитил диссертацию доктор технических наук. В 2003 г. под руководством В. С. Вихренко кандидатскую диссертацию защитил выпускник физического факультета БГУ Грода Я. Г., ныне доцент кафедры механики и конструирования, который с 2011 по 2017 г. заведовал кафедрой теоретической механики.

Несколько диссертаций по методу условных распределений было защищено в Институте тепло- и массообмена АН БССР, которыми руководил Э. Т. Брук-Левинсон, и на кафедре физики под руководством И. И. Наркевича (С. И. Клинецевич, А. В. Жаркевич, Е. В. Фарафонтон).

В 1975 г. Л. А. Ротт защитил в БГУ докторскую диссертацию по методу коррелятивных функций условных распределений и его приложениям. В 1978 г. ему было присвоено ученое звание профессора. В 1979 г. опубликована монография Л. А. Ротта «Статистическая теория молекулярных систем. Метод коррелятивных функций условных распределений» (М.: Наука, 1979), подытожившая полученные к тому времени научные результаты. Далее последовали докторские диссертации его учеников: Немцова В. Б. (1987 г., Институт физики НАН Украины), Брук-Левинсона Э. Т. (1988 г., Московский институт стали и сплавов), Наркевича И. И. (1993 г., СПбГУ), Вихренко В. С. (1994 г., Институт физики НАН Беларуси). В целом учениками Леонида Артуровича было защищено свыше 15 кандидатских и 7 докторских диссертаций, опубликовано большое количество статей в наиболее авторитетных международных журналах, несколько монографий.

Наряду с интенсивной научной деятельностью Леонид Артурович много внимания уделял организации учебного процесса, научно-методической работе. Во главу угла были поставлены учет в читаемых курсах межпредметных связей и использование при изложении материала методов проблемного обучения. В результате совместно с сотрудниками кафедры были разработаны оригинальные курсы теоретической механики для будущих инженеров-механиков и инженеров-химиков. В особенности следует отметить разработку такого курса для студентов химиков-технологов. В то время существовало расхожее мнение, что знания теоретической механики студентам-химикам не очень-то и нужны. В процессе разработки курса было показано, что существуют глубокие межпредметные связи теоретической механики с различными химическими дисциплинами как фундаментального (объяснение сущности квантовых чисел как интегралов движения механических систем; а также установление соответствия, так и принципиального различия между классической и квантовой механикой), так и прикладного (работа химико-технологического оборудования и технологические процессы во многом основаны на использовании механического движения) характера. Результаты этой работы были опубликованы в сборнике «Теоретическая механика во вузах» (М.: Высшая школа) под ред. профессора Яблонского А. А. двумя изданиями (1971 г. и 1975 г.), а также в

нескольких статьях во всесоюзных сборниках научно-методических статей по теоретической механике в издательстве «Высшая школа» и в журнале «Вестник высшей школы». Опыт кафедры широко использовался в других химико-технологических вузах Советского Союза. К сожалению, реформы Высшей школы последних лет в России и у нас, в Беларуси, привели к значительной утрате возможностей для использования ранее накопленного учебно-методического опыта кафедры.

В 70–80-е гг. прошлого столетия активная методическая работа проводилась НМС по теоретической механике при Минвузе СССР, в который входили профессоры Яблонский А. А., Тарг С. М. и др. Леонид Артурович Ротт был членом Президиума этого совета, одновременно он возглавлял Республиканское научно-методическое объединение по теоретической механике и теории механизмов и машин и Республиканское методическое объединение преподавателей кафедр теоретической механики. По предложению НМС кафедра составила для коллегии Минвуза СССР развернутую справку, в которой раскрывалась роль теоретической механики в подготовке инженеров-химиков. Леонид Артурович совместно с сотрудниками возглавляемой им кафедры выступили соавторами программы по теоретической механике для химических специальностей втузов, утвержденной Минвузом СССР в 1984 г.

Вспомогается многоплановая работа Республиканского методического объединения преподавателей кафедр теоретической механики, способствовавшая существенному повышению качества преподавания теоретической механики в республике. Заседания объединения проводились поочередно в разных республиках, в том числе и выездные в разных городах. На заседаниях обсуждались методика преподавания курса для различных специальностей, использование межпредметных связей, внедрение прогрессивных методов преподавания, в частности проблемного обучения, индивидуализация работы со студентами. Регулярно издавался сборник научно-методических статей, редактором которого был Ротт Л. А. Вышло шесть выпусков этого сборника, который был известен не только в республике, но и за рубежом.

Последние годы жизни Л. А. Ротт посвятил разработке нового квантово-механического формализма, а также исследованию проблем турбулентности и ряду вопросов биофизики.

Леонид Артурович был свидетелем многих как драматических, так и триумфальных событий XX века. Свое отношение к этим событиям он изложил в книге «За спиной двадцатый век. Удушающее дыхание сталинизма» (1999 г.). В книге есть разделы, в которых автор рассуждает о

судьбах Высшей школы, о необходимости всемерно поддерживать творческую молодежь и способствовать ее всестороннему развитию.

Леонид Артурович был в высшей степени интеллигентным человеком, способным поддерживать беседы на различные темы профессиональной и повседневной жизни. Это в равной степени относится как к вопросам науки и техники, так и искусства, литературы, спорта и т. д. Руководя кафедрой, никогда не позволял себе повышать голос, и при этом поддерживался высочайший уровень дисциплины сотрудников, что обеспечивалось неоспоримым авторитетом заведующего, четкими и понятными общими установками высокопрофессионального отношения к служебным обязанностям. До преклонных лет занимался спортом. Любимым видом спорта был большой теннис. Увлекался спортивной ходьбой.

Л. А. Ротт был награжден орденом Отечественной войны II степени; медалями «За боевые заслуги», «За победу в Великой Отечественной войне», «20 лет Победы в Великой Отечественной войне», «30 лет Победы в Великой Отечественной войне», «40 лет Победы в Великой Отечественной войне», «50 лет Вооруженных сил СССР», «60 лет Вооруженных сил СССР», «70 лет Вооруженных сил СССР», Ветеран труда; Грамотой Верховного Совета БССР; Знаком «За отличные успехи в области высшего образования СССР»; Почетными грамотами Министерства высшего образования БССР (1970, 1978 и 1980 гг.), а также Почетными грамотами БТИ и БГТУ.

С 2006 г. научной школой руководил профессор Вихренко В. С., один из первых учеников Л. А. Ротта. За это время научные направления школы получили дальнейшее развитие как вглубь, так и вширь за счет рассмотрения новых физических объектов и систем. Прежде всего это касается изучения макроскопических систем с конкурирующими взаимодействиями притяжения и отталкивания, а также систем с наноразмерными и мезоскопическими неоднородностями, в которых наблюдаются, как правило, необычные свойства, не реализуемые в молекулярных системах с обычным короткодействующим взаимодействием типа Леннард-Джонса.

По результатам выполненных исследований за этот период кандидатские диссертации защитили А. В. Жаркевич (2005 г.), А. В. Ширко (2007 г.), Д. В. Гапанюк (2009 г.), Р. Н. Ласовский (2011 г.), Е. В. Фарафонтова (2012 г.), С. А. Борисевич (2016 г.).

Профессором Вихренко В. С. совместно с доцентами Бокуном Г. С., Гродой Я. Г., Гапанюком Д. В. и Ласовским Р. Н. разработан новый приближенный метод вычисления и анализа

равновесных характеристик решеточных газов, сочетающий в себе точность получаемых результатов с относительной простотой используемых вычислительных алгоритмов. Получены формально строгие статистико-механические выражения для коэффициентов диффузии, которые использованы для количественных расчетов, в том числе электрофизических характеристик ионных кристаллов и интеркаляционных соединений (1998 – 2003 гг.). Построена статистико-механическая теория неравновесных процессов (диффузии, термодиффузии, структурной релаксации) в решеточных системах. Рассмотрена кинетика захвата электронов на ловушках, их диффузии и межфазных переходов в солнечных элементах на основе красителей, дано объяснение наблюдающихся особенностей в зависимости времени жизни электронов от их концентрации. Получены кинетические дифференциально-разностные уравнения для решеточных систем в приближении среднего поля, в квазихимическом и диаграммном приближениях, показана их эффективность применительно к задаче разряда интеркаляционного источника тока, сопровождаемого фазовым переходом первого рода. Изучены процессы наноразмерного структурирования среды, обусловленные фазовыми переходами первого рода (2001–2011 гг.).

Получены интегральные уравнения для систем заряженных частиц, которые не содержат расходящихся членов, и рассчитаны радиальные функции распределения, а также фактор сжимаемости для симметричного случая (одновалентные ионы). Рассмотрена также симметричная система заряженных частиц в полярном растворителе. Разработана процедура статистико-механического описания твердотельной системы, взаимодействие частиц в которой описывается как коротко-, так и дальнедействующим потенциалами. Для этого применено разложение конфигурационного интеграла системы по обобщенным майеровским функциям, включающим в себя (помимо короткодействующего потенциала) потенциалы средних сил. Тем самым в базисное распределение системы включено дальнедействие на фоне среднего поля, создаваемого потенциалами средних сил. Числовые значения характеристик базисной системы определены с помощью результатов, полученных в рамках метода коллективных переменных. Теория использована для исследования описывающих керамические ионные материалы моделей, в которых рассматривается подвижность катионов в поле неподвижных анионов, обеспечивающих компенсацию электрического заряда, т. е. электронейтральность всей системы.

Разработаны методы исследования сложных систем с различными типами конкурирующих

взаимодействий (2015–2020 гг.). Например, межчастичное притяжение на малых расстояниях и отталкивание на больших – SALR-системы (Short-range Attraction and Long-range Repulsion), либо наоборот – SRLA-системы. Такие взаимодействия приводят к образованию либо четко определенных структур, таких как мицеллы, кластеры, слои, сети, многокомпонентные биослои, в частности биологические мембраны, белки или более слабые микрогетерогенности в сложных жидкостях, особенно ионных жидкостях и их смесях с различными растворителями, твердых электролитах и в интеркалированных соединениях. Исследованы равновесные свойства и структура таких систем на поверхностях, влияние на них ограничивающих поверхностей. Изучены кинетические особенности процесса адсорбции в системах с конкурирующими взаимодействиями.

В кандидатских диссертациях А. В. Жаркевича (2005 г.) и Е. В. Фарафоновой (2012 г.) выполнены исследования по практическому применению разработанного ранее (1993 г.) профессором Наркевичем И. И. двухуровневого статистического метода описания структуры и равновесных характеристик неоднородных систем в различных агрегатных состояниях. Этот метод позволил получить единое уравнение состояния для различных агрегатных состояний простых молекулярных систем (кристалл, жидкость, сильно сжатый газ). Статистическая модель для кристаллического состояния явно учитывает, что источником локальных деформаций в объеме кристалла являются дефекты (точечные, линейные либо объемные, например, поры в объеме кристалла), а макроскопические поля деформации возникают под действием внешних силовых полей либо поверхностных сил, создаваемых каким-либо внешним механическим воздействием.

В рамках этого метода А. В. Жаркевичем разработана статистическая модель одноосного деформирования линейных кристаллических образцов (2005 г.). В первом приближении по малому параметру нелинейного интегрального уравнения в статистической теории упругости получены аналитические выражения для младших коррелятивных функций и свободной энергии деформированной молекулярной цепочки с занятыми и свободными (вакантными) узлами линейной цепочки. В результате решения вариационной задачи с использованием большого термодинамического потенциала построена теоретическая диаграмма напряжение – деформация при растяжении – сжатии.

Е. В. Фарафоновой совместно с А. В. Жаркевичем и И. И. Наркевичем было построено молекулярно-статистическое описание теплоемкости

молекулярных кристаллов с тепловыми вакансиями (2010–2012 гг.), а с 2014 по 2018 г. проведено статистическое изучение микро- и макроструктуры, а также термодинамических характеристик одиночных сферических кристаллических наночастиц. Их уникальные свойства приводят к необычному поведению новых модифицированных наноструктурных материалов, которые получаются на их основе. При этом впервые получено статистическое выражение для функционала свободной энергии кристаллической сферической наночастицы с неоднородным распределением поля плотности. Это выражение используется при комплексном решении вариационной задачи по определению равновесного радиального дискретного профиля чисел заполнения элементарных ячеек в объеме сферической наночастицы с одновременным решением системы интегральных и алгебраических уравнений для потенциалов средних сил модифицированного метода условных распределений Л. А. Ротта. Разработана итерационная процедура численного поиска решений этой задачи для наночастиц разных размеров при разных температурах и исследована ее сходимость при использовании различных пробных функций для искомых зависимостей. В результате рассчитаны профили радиальных смещений узлов ГЦК решетки в объеме наночастицы и среднеквадратичных отклонений атомов либо молекул

от новых (смещенных) узлов деформированной решетки, а также зависимость температуры плавления таких наночастиц от их размеров.

Численное исследование большого термодинамического потенциала Ω как функционала поля плотности для коллоидных растворов, выполненное профессором Наркевичем И. И. в 2016–2020 гг. с использованием потенциала SALR, показало, что этот функционал для таких систем с пространственными гармоническими неоднородностями имеет несколько минимумов при разных значениях волнового числа. При меньшем из этих волновых чисел функционал Ω имеет значение, которое меньше, чем для однородного распределения плотности, т. е. неоднородное распределение плотности коллоидной системы является термодинамически более выгодным по сравнению с однородным, для которого волновое число равно нулю.

Основные результаты проведенных исследований опубликованы в двух монографиях: В. С. Вихренко, Г. С. Бокун, Я. Г. Грода «Равновесные и диффузионные характеристики интеркаляционных систем на основе решеточных моделей» (Минск: БГТУ, 2008, отдельные главы написаны совместно с Д. В. Гапанюком и Р. Н. Ласовским); И. И. Наркевич «Двухуровневый статистический метод описания неоднородных систем» (Германия, LAP LAMBERT Academic Publishing, 2019).

Благодарные ученики Л. А. Ротта
Поступила после доработки 10.12.2020