РАЗДЕЛ I. ФИЗИКА

К 110-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ А.А. ВЛАСОВА

УДК 533.9.01:537.86:536.75
DOI: 10.18384/2310-7251-2018-4-8-27

КОНФЕРЕНЦИЯ «ПЕРСПЕКТИВНАЯ ЭЛЕМЕНТНАЯ БАЗА МИКРО- И НАНОЭЛЕКТРОНИКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ДОСТИЖЕНИЙ ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ И СТАТИСТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ»

Беляев В.В.[1], Высикайло Ф.И.[1], Кузнецов М.М.[1], Веденяпин В.В.[2], Классен Н.В.[3]

[1] *Московский государственный областной университет 141014, Московская область, г. Мытищи, ул. Веры Волошиной, д.24, Российская Федерация*

[2] *Институт прикладной математики имени М.В. Келдыша РАН 125047, г. Москва, Миусская пл., д. 4, Российская Федерация*

[3] *Институт физики твердого тела РАН, 142432, Московская обл., г. Черноголовка, ул. Академика Осипьяна, д. 2, Российская Федерация*

Аннотация. Конференция стала важным научным мероприятием по мультидисциплинарной тематике в различных природных, технических и социальных явлениях, устройствах и материалах – электроника, физика, химия, биология, математика, техника, информатика, медицина и др. На конференции обсудили современный уровень теоретических и экспериментальных достижений в электродинамике и статистической физике для их применения при создании современной элементной базы макро-, микро- и наноэлектроники. На конференции рассматривалось значение идей выдающегося физика-теоретика А.А. Власова и их использование в современной науке и технике.

Ключевые слова: теоретическая физика, электроника, электродинамика, статистическая физика, А.А. Власов.

© CC BY Беляев В.В., Высикайло Ф.И., Кузнецов М.М., Веденяпин В.В., Классен Н.В., 2018.

CONFERENCE ON ADVANCED ELEMENT BASE OF MICRO- AND NANOELECTRONICS USING MODERN ACHIEVEMENTS OF ELECTRODYNAMICS AND STATISTICAL PHYSICS

V. Belyaev[1], P. Vysikaylo[1], M. Kuznetsov[1], V. Vedenyapin[2], N. Klassen[3]

[1] *Moscow Region State University*
ul. Very Voloshinoi 24, 141014 Mytishchi, Moscow region, Russian Federation

[2] *Keldysh Institute of Applied Mathematics, Russian Academy of Sciences*
Miusskaya pl. 4, 125047 Moscow, Russian Federation

[3] *Institute of Solid State Physics, Russian Academy of Sciences*
ul. Akad. Osip'yana 2, 142432 Chernogolovka, Moscow region, Russian Federation

Abstract. The Conference has become an important scientific event with multidisciplinary topics in different areas of natural, technological and social phenomena, as well as in devices and materials, e.g. electronics, physics, chemistry, biology, mathematics, technology, informatics, medicine, etc. The Conference has addressed the current level of both theoretical and experimental achievements in electrodynamics and statistical physics for their application in modern element base of macro-, micro- and nanoelectronics. The ideas of outstanding physicist theoretician, Prof. Anatoliy Vlasov and their applications in modern science and technology have been considered.

Key words: theoretical physics, electronics, electrodynamics, statistical physics, Anatoliy Vlasov.

Рис. 1. Участники конференции под портретом А.А. Власова.

4–6 декабря 2018 г. в МГОУ (Москва) проведена Международная мультидисциплинарная конференция «Перспективная элементная база микро- и наноэлектроники с использованием современных достижений электродинамики и статистической физики» («Власовские чтения – МГОУ 2018») (рис. 1).

Она стала важным научным мероприятием по мультидисциплинарной тематике в различных природных, технических и социальных явлениях, устройствах и материалах – электроника, физика, химия, биология, математика, техника, информатика, медицина и др. На конференции обсудили современный уровень теоретических и экспериментальных достижений в электродинамике и статистической физике для их применения при создании современной элементной базы макро-, микро- и наноэлектроники.

МГОУ стал местом проведения такой конференции, так как все эти направления традиционно развиваются с 1930-х гг. на физико-математическом факультете МГОУ. Одним из основателей этих традиций и научных направлений в МГОУ (МОПИ) является профессор Анатолий Александрович Власов. В этом году исполнилось 110 лет со дня его рождения. На конференции была проведена мемориальная секция, посвящённая этой дате, работе А.А. Власова в МОПИ и его вкладу в электродинамику и статистическую физику, на долгие годы определившему развитие этих направлений и обеспечившему их практическое использование во многих областях техники.

А.А. Власов работал в МОПИ (МГОУ) с 1934 по 1958 гг., из них в 1945–1955 гг. заведующим кафедрой теоретической физики. А.А. Власову принадлежит ряд основополагающих исследований в области электродинамики, которые легли в основу множества разработок в электронике, энергетике, связи и других направлениях техники.

Председателем оргкомитета стал профессор кафедры теоретической физики Михаил Михайлович Кузнецов, сопредседателем заведующий кафедрой Виктор Васильевич Беляев, председателем программного комитета профессор кафедры Филипп Иванович Высикайло. Заместитель председателя программного комитета доцент кафедры Денис Николаевич Чаусов вёл сайт конференции http://vlasov-messages.ru/. Особо стоит отметить работу волонтёров – студентов ФМФ под руководством мастера производственного обучения учебно-научной лаборатории теоретической и прикладной нанотехнологии Александра Дмитриевича Курилова.

Участниками конференции были учёные, аспиранты, студенты из ведущих научных организаций России, Белоруссии, Армении, Китая, США, Франции, Германии, Вьетнама, Египта, Кот-д'Ивуара и других стран. Среди российских участников выступили специалисты из различных регионов, из университетов, институтов РАН, промышленных организаций и компаний из Москвы, Санкт-Петербурга, Татарстана, Архангельской области, Ярославской области, Воронежской области, Ульяновской области, Новосибирской области и других, организаций Московской области из Черноголовки, Дубны, Серпухова, Королева, Орехово-Зуево, Фрязино и др.

В мемориальной секции, посвящённой 110-летию проф. А.А. Власова, Ф.И. Высикайло и В.В. Беляев рассказали о судьбе учёного, его работе в МГУ

и МОПИ (МГОУ). К началу конференции был выпущен третий номер нашего журнала «Вестник МГОУ. Серия: Физика и Математика» с двумя статьями этих авторов об А.А. Власове [1; 2]. О научном наследии А.А. Власова, его использовании в мире, в России и в нашем университете говорили профессора кафедры теоретической физики Ф.И. Высикайло, А.А. Юшканов, профессор кафедры общей физики Э.В. Геворкян, заведующий лабораторией Института физики твёрдого тела РАН Н.В. Классен, ведущий научный сотрудник Института прикладной математики имени М.В. Келдыша РАН В.В. Веденяпин.

В своём выступлении Ф.И. Высикайло отметил, что А.А. Власов по праву относится к числу таких великих русских учёных как Л. Эйлер, М. Ломоносов, Д. Менделеев и Г. Гамов. Если Эйлер заложил основы научного подхода к описанию явлений природы, то Власов является основоположником теории плазмы. Как сказал член-корреспондент РАН Виктор Павлович Силин: «Никто не отрицает роли А.А. Власова в создании основ теории плазмы: основное кинетическое уравнение по праву носит его имя. Поэтому можно, в какой-то мере, сказать, что все успехи физики плазмы связаны с именем А.А. Власова».

Согласно воспоминаниям заслуженного преподавателя МГУ И.А. Квасникова, Власов относился к проблеме, кто из них – он или Ландау – открыл первым затухание плазменных колебаний, следующим образом: «Да, затухание – это же элементарно (!), речь идет не о них и не о том, а о постоянно присутствующих во всех системах колебательных состояниях, образующих вследствие наличия в системе самосогласованного поля периодические структуры».

Это очень важное открытие, которое так высоко оценивал Власов, до сих пор не исследовано в полной мере ни теоретически, ни экспериментально в явлениях от фемтомира до явлений в Космосе.

Понятие коллективных взаимодействий, впервые введённое А.А. Власовым, ныне широко используется в теоретической физике при исследовании многочастичных систем. Дальнейшее развитие теории вибрационных свойств электронного газа позволило А.А. Власову создать фундаментальный метод исследования свойств плазмы. Эти работы, не получившие вначале признания некоторых физиков, впоследствии были высоко оценены как в нашей стране, так и за рубежом. В 1970 г. за них А.А. Власову была присуждена Ленинская премия. Основополагающая работа в его теории плазмы «О вибрационных свойствах электронного газа» была воспроизведена в УФН в 1967 г. в числе выдающихся отечественных работ за истёкшие полвека.

Профессор В.В. Веденяпин констатировал, что уравнение А.А. Власова проживает удивительную жизнь. Написанное в 1938 г. очень вовремя, оно легло в основу физики плазмы, и сейчас называется уравнением Власова-Максвелла. Но сейчас уже существует множество уравнений Власова с различными приставками. Это делается для того, чтобы отличать друг от друга различные уравнения типа Власова по виду взаимодействий. Почти все приставки появляются за рубежом. Многие из них ввела Ивонн Шоке-Брюа. В литературе сейчас фигурируют не только уравнения Власова-Максвелла для описания плазмы и электродинамики, но и уравнения Власова-Пуассона для гравитации и электростатики,

уравнения Власова-Эйнштейна для описания коллективных явлений в сильных гравитационных полях. В последние 20 лет появились уравнения Власова-Янга-Миллса для описания кварк-глюонной плазмы. Это объективная реальность, которая отражает то, что любое взаимодействие описывается именно уравнением типа Власова. По своей судьбе уравнение Власова напоминает уравнение Эйлера: частные его решения появлялись раньше, чем было написано само уравнение. Это, во-первых, класс стационарных решений. Для уравнения Эйлера это уравнение Бернулли, а для уравнения Власова для гравитации уравнение Лэна-Эмдена, для плазмы уравнение Лиувилля. Это также класс одинарных стационарных решений: для уравнения Эйлера это те же уравнения Бернулли, а для уравнения Власова-Пуассона для электростатики – это уравнение Дебая для электролитов, дебаевские слои и дебаевский радиус. Даже из этих простых фактов видна необычная широта и важность уравнений типа Власова в приложениях [3–5]. Н.Н. Боголюбов в предисловии к книге [6] отмечает: «Уравнение Власова является фундаментом физики плазмы. Нам представляется весьма существенным, что уравнение Власова имеет микроскопические решения, соответствующие точным решениям классической механики».

Профессор А.А. Юшканов в докладе «Идеи А.А. Власова в физике плазмы» отметил приоритет работ А.А. Власова в области физики газовой и твердотельной плазмы перед аналогичными исследованиями в СССР и за рубежом. А.А. Юшканов показал, что вклад уравнения Власова в физику плазмы сопоставим с вкладом уравнения Шредингера в квантовую физику. В МОПИ (МГОУ) в развитием идей А.А. Власова занимаются А.В. Латышев, А.А. Юшканов, их ученики и коллеги, которые получили ряд международно признанных результатов по учёту столкновений в квантовой плазме, использованию метода Кейза для решения граничных задач физики плазмы, квантовым и нелинейным явлениям в плазме и других средах.

Профессор Э.В. Геворкян отметил, что работы выдающегося физика-теоретика А.А. Власова «О вибрационных свойствах электронного газа», в которых было представлено кинетическое уравнение самосогласованного поля для плазмы, оказали большое влияние на развитие статистической физики в целом. Он показал, что идеи приближения самосогласованного поля широко используются в физике конденсированного состояния. В своём докладе Э.В. Геворкян привёл обзор современной статистической физики жидких кристаллов, основанной на методе функций распределения (или статистических операторов комплексов молекул) и вариационных принципах. Он обсудил особенности структуры, иерархию масштабов, спонтанное нарушение симметрии, концепцию квазисредних, роль многочастичных взаимодействий и вопросы моделирования жидкокристаллического состояния.

В докладе «Взаимная самоорганизация фотонов, электронов, фононов и структурных неоднородностей при динамическом нагружении конденсированных сред» Н.В. Классен резюмировал «А.А. Власовым в 30–40-х годах прошлого века получены пионерские результаты по дальнодействующим корреляциям в конденсированных средах между электронными, атомарными, молекулярными

и наноразмерными объектами, осуществляемым через фононные, электромагнитные и прочие волны, которые возбуждаются в этих средах. Эти результаты по самосборке органических и неорганических нанокомпонентов, электронным корреляциям через плазмоны и фононы, другим видам самоорганизации (рис. 2) можно считать предшественниками активно развиваемых в наши дни синергетических представлений о процессах в живой и неорганической природе, которые являются базой для разработки множества новых природоподобных технологий и устройств». Н.В. Классен высказал предположение о влиянии идей А.А. Власова о передаче дальнодействия между атомарными и электронными объектами с помощью волн промежуточной среды на модели сверхпроводимости Бардина-Купера-Шриффера и Боголюбова. Бардин, Купер и Шриффер стали лауреатами Нобелевской премии, Боголюбов – лауреатом Ленинской премии, хотя, по мнению многих, его работы заслуживали и Нобелевской награды.

Рис. 2. Самоорганизация в работах А.А. Власова.

Похожее название имел доклад Низовцева В.В. (МГУ) «Размерная природа волнового параметра фотона, электрона и нуклона». Но в этой работе был другой методический подход, относящийся больше к теоретической физике, чем к физике конденсированного состояния и технологии современных материалов электроники.

Заочно был представлен доклад «Анатолий Александрович Власов и его кинетическое уравнение для плазмы» Николаева Павла Николаевича, профессора кафедры квантовой статистики и теории поля физического факультет Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова. Им представлен современный обзор основных этапов жизни и научной деятельности выдающегося физика-теоретика, лауреата Ленинской премии, доктора физико-

математических наук, профессора Московского университета, автора кинетического уравнения для плазмы Анатолия Александровича Власова. Рассмотрены вопросы обоснования этого уравнения, методы его решения и возможность обобщения на системы многих частиц, отличных от плазмы. Анализируются работы А.А. Власова по теории кристаллического состояния и теории гравитации, а также его оригинальная теория множественного рождения частиц. Особое внимание уделено нелокальной статистической механике А.А. Власова, где в основу кладётся описание системы многих частиц с помощью функций распределения, зависящих от координат, скоростей, ускорений и т.д. Это направление получило в дальнейшем своё развитие, и в работе приведены основные пути этого развития.

Некоторые проблемы космологии, которой в конце жизни занимался А.А. Власов, рассмотрены в докладе И.Ф. Исхакова, Набережночелнинский политехнический институт (филиал) Казанского федерального университета, на тему «О возможности взрывных процессов метрического происхождения». В работе показано, что экспоненциальное изменение (расширение) пространственных масштабов на раннем этапе развития Вселенной, называемое инфляцией и интерпретируемое как взрыв метрического происхождения (т.е. наличие расходящихся скоростей в отсутствие сил), вызвано тем, что в системе частиц при соответствующем температурном пределе (называемом критической температурой) возникают настолько сильные возмущения, что аналитическая связь между собственным и лабораторным временем заменяется статистической независимостью. При переходе через этот температурный предел $T_{\text{кр}} = \frac{1}{8} \cdot \frac{m \cdot c^2}{k}$ возникает взрыв, характеризующийся аномальным преобладанием больших скоростей частиц. Масса m частицы может быть равна массе калибровочного бозона, приобретаемой при спонтанном нарушении локальной калибровочной инвариантности (~10^{14} – 10^{15} ГэВ). Дана оценка температуры и плотности бесстолкновительной кварк-глюонной плазмы в первые микросекунды после космологического взрыва и в сверхплотных объектах активных ядер галактик. Исходные посылки работы восходят к идеям А.А. Власова, изложенных им ещё до признания модели горячей вселенной и кварк-глюонного строения адронов.

Кроме названных областей физики, на конференции были представлены фундаментальные исследования по таким темам, как астрономия, физика конденсированного состояния, строение и свойства элементарных частиц, радиолокационные исследования Земли, сверхпроводимость, биофизика, лазерная техника, метеорология, гидро- и аэродинамика, ударные волны, аэрозоли. Значительное внимание было уделено прикладным разработкам по голографии, авионике, дисплеям, медицине, ядерным энергетическим установкам, материалам различного назначения.

Приведём краткий обзор этих докладов.

Сотрудники МГОУ Зверев Н.В. и Юшканов А.А. сделали доклад на тему «Квантовая электронная плазма и интерференция излучения от металличе-

ской и диэлектрической плёнок». Ими численно исследовано влияние квантовых свойств вырожденной электронной плазмы на интерференцию излучения от металлической и диэлектрической плёнок. Изучены коэффициенты отражения и прохождения интерферирующих лучей, а также разности фаз этих лучей. Показано, что результаты для квантовой электронной плазмы отличаются от данных для классической электронной плазмы и для классического электронного газа в областях частот порядка и много меньше плазменной частоты.

Ученик Юшканова А.А. – Завитаев Э.В. из Государственного гуманитарно-технологического университета, г. Орехово-Зуево, представил два доклада: «К вопросу о влиянии отклонения от закона Видемана-Франца на электрическую проводимость тонкого металлического слоя» (в соавторстве с Чухлебом Е.П., Центр дополнительного образования «Малая академия наук Импульс») и «Влияние кинетических эффектов на самоиндукцию тонкой цилиндрической проволоки из металла» (в соавторстве с Харитоновым К.Е.).

Другой ученик Юшканова А.А., профессор Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова, Архангельск, Попов В.Н. в соавторстве с Латухиной Е.А. представил доклад на тему «Вычисление макропараметров разреженного газа в задаче о течении Куэтта методом дискретных скоростей». С использованием метода дискретных скоростей построено решение задачи о течении Куэтта. В качестве основного уравнения используется Бхатнагар-Гросс-Крук (БГК) модель кинетического уравнения Больцмана, а в качестве граничного условия – модель зеркально-диффузного отражения Максвелла. Для различных значений толщины канала и коэффициента аккомодации тангенциального импульса молекул газа стенками канала вычислены потоки массы газа и тепла через половину канала и значения отличной от нуля компоненты тензора вязких напряжений. Авторами проведено сравнение с аналогичными результатами, представленными в литературных источниках

В докладе И.А. Ремизова, М.Р. Султановой, А.А. Левченко, Институт физики твёрдого тела РАН, Черноголовка, «Наблюдение локального максимума в стационарном турбулентном спектре капиллярных волн на поверхности жидкого водорода» приведены результаты экспериментальных исследований волновой турбулентности в системе капиллярных волн, формирующихся на поверхности жидкого водорода при температуре 15 К в цилиндрической ячейке при монохроматической радиально-симметричной накачке. Впервые наблюдено формирование накопления энергии в высокочастотной области стационарного турбулентного спектра при понижении амплитуды накачки. Данное явление может быть связано с проявлением вязкого затухания в высокочастотной области спектра.

В ещё одном докладе из этого института членом-корреспондентом РАН Кведером В.В. и Хорошевой М.А. на тему «Влияние атомов переходных металлов на электронные свойства кремния с ростовыми вакансионными дефектами, дислокациями и дефектами, образующимися в процессе движения дислокаций» представлены результаты исследования влияния атомов таких переходных металлов как золото, никель, хром и железо на электронные свойства образцов FZ-кремния, содержащего ростовые вакансионные дефекты, дислокации и «дисло-

кационные следы». Для контроля электрической активности точечных дефектов и дислокаций до и после диффузии металлов использовались методы нестационарной емкостной спектроскопии глубоких уровней (DLTS) и тока, наведённого лазерным излучением (LBIC). Работа стимулирована большим интересом к исследованию взаимодействия примесей с дислокациями и электронных свойств дислокаций, «загрязнённых» примесями для повышения эффективности солнечных элементов из кремния за счёт увеличения среднего времени жизни неосновных носителей путём использования «инженерии дефектов».

В рамках конференции была организована секция «Космических исследований планет Солнечной системы».

О возможном механизме возникновения, продолжительной жизнедеятельности стабильной системы колец Сатурна и многих проблемах в этой области исследований эффектно рассказал д.ф.-м.н. Черный Владимир Викторович. Он сообщил, что эффект Мейснера и квантовый захват частиц протопланетного облака Сатурна приводят к возникновению стабильной системы колец в виде сомбреро.

Особый интерес вызвали доклады о работах группы студентов и аспирантов МГОУ под руководством Высикайло Ф.И., посвящённых роли объёмного заряда Земли и Солнца на ускорение заряженных частиц в ионосферах планет, гелиосфере и формированию ударных волн электрического поля в ионосфере Земли и в гелиосфере. Открытие важности и возможность аналитического и численного описания этих явлений, обусловленных влиянием дальнодействующих кулоновских потенциалов, на локальные значения энергий и импульсов заряженных частиц в гелиосфере, позволяют предсказывать влияние солнечного ветра на параметры ионосферы Земли и её отрицательный заряд. Ими впервые рассмотрены основы глобальной электрической цепи между положительно заряженным Солнцем (с зарядом 1,5 кКл) и отрицательно заряженной Землёй (500 кКл).

Продолжением этой секции стали доклады по прикладной тематике о модификации атомных энергетических установок и о выращивании продуктов питания (пшеницы) в условиях внешних электрических полей, без применения классических удобрений.

Так, Алексей Александрович Якушкин из АО «ГНЦ РФ ТРИНИТИ» сделал анализ проблем коррозионной стойкости атомных реакторов на быстрых и медленных нейтронах. Им были проанализированы основные причины и схемы аварий с потерей теплоносителя, а также массовая разгерметизация твэлов в различных диапазонах температур и другие проблемы, связанные с эксплуатацией покрытий в условиях активных зон ядерных реакторов. Тем он подробно обосновал необходимость модификации рабочего тела и покрытий-оболочек тепловыделяющих элементов (ТВЭЛ) ядерных энергетических установок (ЯЭУ) для повышения надёжности их функционирования как на Земле, так и для решения задач обеспечения энергией поселений на ближайших планетах, Луне и в носителях поселенцев. Представлены и обсуждены основные методы формирования покрытий для увеличения термостойкости ТВЭЛов. Приведены основные результаты испытаний образцов АО «ГНЦ РФ ТРИНИТИ». Рассмотрены

защитные покрытия стали ЭП823 с использованием алюминия, обработанного потоками импульсной плазмы, а также модификация поверхности конструкционных материалов с использованием других способов нанесения наноструктурированных покрытий. Рассмотрены проблемы применения углеродных волокон и повышение пластичности УВ фуллеренами C_{60}. Рассмотрены проблемы фреттинг-коррозии оболочек ТВЭЛов и методы борьбы с ними – повышение износостойкости поверхности. Нанесение покрытий на основе аморфного наноуглерода, фуллерен-содержащих покрытий может существенно продвинуться в повышении износостойкости поверхности оболочек ТВЭЛов.

Проблемы материалов для ЯЭУ рассматривались в докладах, выполненных в МФТИ, НИЦ «Курчатовский институт», НПО «Луч», ООО «ЛОКиП», АНО ЦПКТ под руководством профессора Клосса Ю.Ю. «Анализ динамики поведения радионуклидов в термоэмиссионном преобразователе ЯЭУ на основе решения уравнения Больцмана на кластерной архитектуре» (авторы: Бабайлов А.А., Клосс Ю.Ю., Любимов Д.Ю., Князев А.Н., Шувалов П.В., Щербаков Д.В., Широковская Ю.В.) и «Кристаллический класс соединений с перестраиваемым эффективным зарядом Z для детекторов гамма-нейтронного диапазона» (авторы: С.Э. Саркисов, В.В. Рябченков, В.А. Юсим, А.Н. Князев, М.Ю. Сметанин).

Бычков Владимир Львович (МГУ) подробно рассказал об экспериментальном исследовании повышения всхожести и роста пшеницы при облучении её корней и ростков потоками плазменного (или ионного) ветров. Эта методика может избавить полностью или частично от необходимости брать на борт космического корабля химические или биологические удобрений.

В области биофизики и биотехнологии отметим также выступление С.В. Яблонского и В.В. Боднарчук, Институт кристаллографии имени А.В. Шубникова ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН на тему «Новый метод измерения температур фазовых переходов липидных мембран». Показано, что главный фазовый переход из гель-фазы в жидкокристаллическую фазу сопровождается нарушением сплошности мембранной поверхности и появлением микроскопических отверстий, значительно увеличивающих проницаемость мембран. Такое поведение плазматическое мембраны имеет физиологическое значение, а в настоящее время это явление успешно используется для доставки и освобождения лекарственных препаратов с помощью мембранных везикул-липосом. Таким образом, температура фазового перехода, при которой увеличивается ионная проницаемость мембран, является важнейшим параметром для оптимизации процесса доставки лекарства к очагу болезни. В работе разработан новый метод исследования температур структурных фазовых переходов неводных липосом, основанный на исследовании температурного хода темновой и фотоэлектрической проводимости. Метод позволяет измерять температуры главного фазового перехода неводных липосом, а также измерять подвижности носителей заряда, участвующих в фотоэлектрической проводимости.

В продолжение этой тематики профессор Московского физико-технического института (государственного университета) А.П. Черняев представил доклад на тему «Гипотеза условий ритмичной работы сердечной камеры в рамках не-

которых математических моделей». Гипотеза состоит в том, что в условиях ритмичной работы рассматриваемой математической модели сердца решения этих уравнений должны быть колеблющимися относительно некоторой горизонтали и ограниченными. Наиболее обстоятельно из всех моделей рассмотрена гемодинамическая модель Калябина, потому что она включает и упрощённую модель однокамерного сердца, которая состоит из одной активной и одной пассивной камеры. Эта модель описывает гемодинамическую систему простейших.

Поскольку кодом классификатора РФФИ, поддержавшего конференцию грантом, является 07-410 «Фундаментальные основы создания перспективных элементной базы радиотехники, связи и микроэлектронных систем», приведём обзор докладов по прикладной тематике.

Авторами доклада «Голографические оптические элементы в дисплейных системах дополненной реальности» стали Путилин А.Н.[1], Болотова А.А.[2], Морозов А.В.[1,2], Дружин В.В.[3] В докладе продемонстрировано около полутора десятков конструкций для нашлемных и автомобильных дисплеев, осветительных систем (рис. 3).

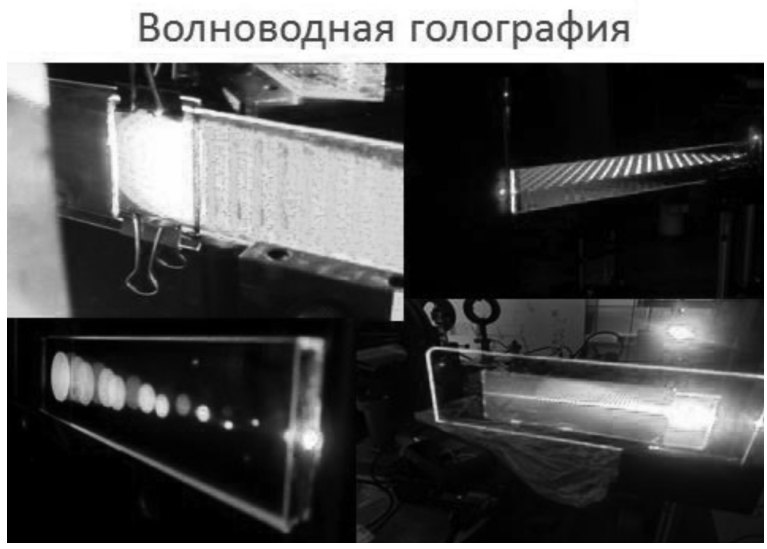

Рис. 3. Световодные пластины для голографического формирования изображений в нашлемных и автомобильных дисплеях, осветительных системах.

Профессор Владимир Григорьевич Чигринов из университета Фошань (провинция Гуандун, Китай) и Гонконгского университета науки и технологий представил доклад «Жидкокристаллические устройства для дисплеев и фотоники: многообещающее будущее». В докладе показано, что жидкокристалличе-

[1] Физический институт имени П.Н. Лебедева РАН.

[2] Исследовательский Центр Самсунг в Москве

[3] Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

ские (ЖК) устройства для дисплеев и фотоники доминируют на рынке и станут основной технологией для современной электроники в ближайшие 10 лет. В.Г. Чигринов отметил, что производство ЖК-дисплеев значительно растёт в материковом Китае и скоро станет выше, чем общее производство ЖК-дисплеев в Корее и на Тайване. Автором утверждается, что фотоориентирующие материалы могут быть эффективно использованы для новых поколений ЖК-устройств, которые обеспечивают исключительно высокое разрешение и оптическое качество выравнивания как на стеклянных, так и на пластиковых подложках, световодах и т.д. [7]. Новые быстрые сегнетоэлектрические ЖК-материалы успешно конкурируют с органическими светодиодами и агрессивно выходят на рынок [8]. Яркость и разрешение ЖК-дисплеев по-прежнему превосходит яркость светодиодных дисплеев, а новые применения ЖК-дисплеев в виртуальной реальности дело ближайшего будущего. ЖК-устройства с мини-светодиодной подсветкой обеспечивают контрастность, сравнимую или даже выше, чем органические светодиоды. Новые ЖК устройства для дисплеев и фотоники включают в себя: (i) быстрые ЖК-дисплеи с высоким разрешением, такие как сегнетоэлектрический ЖК-дисплей; (ii) ЖК-сенсоры; (iii) ЖК линзы; (iv) ЖК устройства для электронной бумаги, включая электрическую и оптически перезаписываемую ЖК-бумагу; (v) 100% поляризаторы на основе фотоориентации; (vi) умные окна; (vii) ЖК антенны с регулируемой по напряжению частотой передачи и направлением излучения.

От двух организаций г. Ульяновска (Ульяновский институт гражданской авиации им. Главного маршала авиации Б.П. Бугаева и Ульяновский государственный технический университет) выступила Оксана Вадимовна Максимова. Совместно с Петром Валерьевичем Николаевым она доложила результаты исследования на тему «Научные основы автоматизации диагностики структур современные индикаторных устройств». В работе проведено исследование алгоритмов, методов и средств измерения параметров структур тонкоплёночных электролюминесцентных индикаторов. Был создан проект комплекса автоматизированного тестирования.

Для контроля параметров при производстве, а также для разработки новых образцов индикаторной техники необходимо изучать новые материалы, конструкции, их характеристики и параметры. Данная задача требует комплексного подхода. Следовательно, разработка автоматизированных систем контроля и диагностики функционирования тонкоплёночных электролюминесцентных элементов в индикаторных устройствах является актуальной задачей, т.к. позволяет значительно ускорить поиск новых материалов, создание перспективных конструкций с необходимыми параметрами. Были определены основные аспекты комплексного подхода к решению задач автоматизации процесса тестирования структур тонкоплёночных электролюминесцентных индикаторов, рассмотрены параметры тонкоплёночных электролюминесцентных индикаторов как основа формирования состава комплекса автоматизированного тестирования, описана автоматизация обработки результатов эксперимента на уровне программного обеспечения. Изложенные в данной статье идеи позволяют сформу-

лировать техническое задание на разработку комплекса автоматизированного измерения параметров тонкоплёночных электролюминесцентных элементов, а также его составных частей и программного обеспечения.

Для задач использования материалов фотоники в современных технологиях большой интерес представляет доклад «Многофункциональный кристаллический квантовый материал для мощных фемтосекундных лазеров» (авторы сотрудники НИЦ «Курчатовский институт» и ООО «ЛОКиП» С.Э. Саркисов, В.В. Рябченков, В.А. Юсим, О.К. Шайхаторов, А.С. Самонов, руководитель коллектива проф. Клосс Ю.Ю.).

В ряде докладов были представлены свойства композитных материалов для электрооптических, оптоэлектронных и оптических перспективных элементов радиотехники, связи и микроэлектронных систем.

О.А. Ханчич, МГОУ, представил доклад «Теоретический анализ дифрактограмм от оптически анизотропных структур различного типа». Автором рассмотрена возможность определения структурных параметров оптически анизотропных структур в гибко- и жесткоцепных полимерах с помощью поляризационно-оптических методов. Известные оптические модели дополнены спиральной закрученностью ориентации объёмных элементов. Получены соотношения, связывающие форму и размеры рассеивающих элементов, а также шаг закручивания холестерической спирали, с параметрами картин рассеяния. Определены размеры и среднеквадратичный угол разориентации наиболее распространённых форм надмолекулярной организации аморфно-кристаллических и жидкокристаллических полимеров: сферолитов, стержнеподобных и спиральных структур.

Сотрудниками МГОУ Е.Н. Васильчиковой, Т.В. Козловой, Н.Н. Барабановой при участии скончавшихся в 2017 и 2018 гг. Д.Л. Богданова и А.К. Дадиваняна подготовлен доклад “Mesogens orientation on spherical interfaces” (Ориентация мезогенов на сферических поверхностях) об оптических свойствах композитов из ЖК и сферических микрочастиц.

Свойства ЖК для дисплеев изучены в докладе В.А. Емельянова, МГОУ, «Низкочастотная дисперсия диэлектрической проницаемости нематического жидкого кристалла ЖК-1289».

В докладе Жачкина В.А., МГОУ, «Парамагнитные центры в γ-облученных фторидных стёклах, легированных металлами группы железа» исследованы технологии и свойства стёкол для различных спецприменений. Методами ЭПР и оптической спектроскопии исследованы парамагнитные центры, индуцированные γ-облучением во фторцирконатных $55ZrF_4–15BaF_2–6LaF_2–4AlF_3–20NaF$ (в мол. %) и фторалюминатных стёклах $36AlF_3–12{,}8YF_3–12{,}8MgF_2–12{,}8CaF_2–12{,}8SrF_2–12{,}8BaF_2$ (в мол. %). Стёкла были легированы фторидами, или оксидами переходных металлов (Cu, Fe, Mn, Cr, V) в малых количествах от 0,03 до 0,6 вес.%. Легированные образцы подвергались γ-облучению дозами от 10^6 до $1{,}6 \cdot 10^8$ рад при температурах 77К и 300К. Показано, что искажение формы сигнала ЭПР Fe^{3+} в области g~4,3 обусловлено образованием радиационных дефектов, не регистрируемых с помощью ЭПР, но изменяющих симметрию электрического поля

вблизи иона Fe^{3+}. Замена фторидов ПМ оксидами ПМ приводит к увеличению числа молекулярных ионов O_2^-.

Сотрудником РХТУ имени Д.И. Менделеева Соломатиным А.С. при участии сотрудниц МГОУ Царевой Е.В. и Емельяновой Ю.А. выполнен ряд исследований по перспективным конструкциям ЖК дисплеев для формирования реалистичного стереоскопического изображения, оптического пинцета – темы, ставшей популярной после присуждения в 2018 г. Нобелевской премии по физике. Одна из представленных работ – «Многопользовательский жидкокристаллический дисплей с фиксированными индивидуальными секторами размещения зрителей».

В докладе из ФИАН, Москва «Dynamics of the director reorientation and light modulation in helix-free ferroelectric liquid crystals», авторами А.А. Андреевым, Т.Б. Андреевой, И.Н. Компанец, С.И. Торговой и Н.В. Заляпиным описан новый электрооптический эффект в сегнетоэлектрических жидких кристаллах, благодаря которому получены минимальное значение времени переключения электрооптического отклика (до единиц микросекунд). Предложенная конструкция применима и для гибких дисплеев.

Среди презентаций по свойствам жидких кристаллов своей многонациональной командой выделяется доклад «Очевидность первого рода фазового перехода смектик-гексатик и его близости к трикритической точке в смектических плёнках». Авторы Е.С. Пикина[4,5], И.А. Залужный[6] , Р. Курта[7], Н. Мухарамова[6], Ю.Ю. Ким[6], Р.М. Хуббутдинов[5,6,8], Д. Джигаев[6], В.В. Лебедев[4,9], Е.И. Кац[4], Б.И. Островский[5,10], Н.А. Кларк , М. Спрунг[6], И.А. Вартанянц[6,7] представляют девять организаций из России, Германии, США: ИТФ им. Л.Д. Ландау РАН; ИФТТ РАН; МИФИ; ВШЭ; ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН; Deutsches Elektronen-Synchrotron DESY, Germany; European XFEL GmbH, Germany; Department of Physics, University of Colorado Boulder, USA; Soft Materials Research Center, University of Colorado Boulder, USA. В работе представлены экспериментальные и теоретические исследования перехода из смектической А в гексатическую В фазу в свободно-подвешенных смектических плёнках жидкого кристалла 54COOBC (n-pentyl-4-n-pentanoyloxy-biphenyl-4- carboxylate). Для проведения эксперимента использовалось синхротронное излучение рентгеновского диапазона длин волн, применялся ряд рентгено-дифракционных методов. Для получения информации об ориентационном порядке и угловых корреляциях в системе использовался угловой рентгеновский кросс-корреляционный анализ (XCCA). Рентгеновские исследования были проведены на станции P10 синхротронного кольца PETRA III в DESY (Гамбург, Германия)

[4] Институт теоретической физики им. Л.Д. Ландау РАН.

[5] Институт физики твёрдого тела РАН.

[6] Deutsches Elektronen-Synchrotron DESY, Germany.

[7] European XFEL GmbH, Germany.

[8] Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ».

[9] Национальный исследовательский университет Высшая школа экономики.

[10] ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН.

с использованием фотонов с энергией 13 keV в геометрии на пропускание с использованием двумерного детектора. Рентгеновские исследования выявили скачки этих параметров ориентационного порядка C_6, корреляционной длины ξ и волнового числа q_0, определяющего положение гексатического дифракционного пика, в области фазового перехода См-А – Гекс-В в плёнках 54СООВС, что подтверждает, что этот переход является фазовым переходом первого рода. Кроме того, использование сфокусированного рентгеновского излучения позволило выявить области сосуществования двух фаз (смектик + гексатик) в окрестности фазового перехода. Подобное поведение совершенно не характерно для СПП других гексатических соединений. Предложенный подход является достаточно общим и может быть применён к широкому классу систем, обладающих трикритической точкой (ТКТ), в частности, к магнитным плёнкам с пространственно модулированным магнитным моментом и недавно открытым магнитным материалам со скирмионной (skyrmionic) решёткой.

В докладе И.П. Козлова, Московский государственный университет геодезии и картографии, «Математическое и полунатурное моделирование в радиолокационных исследованиях Земли» описывается полунатурный наземный эксперимент с космическим радиолокатором (РЛК), в котором часть блоков заменена их математическими моделями (имитируется космический полет), позволяет ещё в наземных условиях изучить свойства и оптимизировать РЛК по системным критериям. Возможности моделирования значительно расширяются при использовании решения задачи дифракции волн на двух телах. Получено аналитическое решение этой задачи, которое позволяет резко сократить расчёты. Выделяются практические применения теории: это дистанционное зондирование Земли; радиолокация объектов типа «Стелс» над или под земной поверхностью; моделирование гидрометеоров и других трёхмерных природных объектов.

Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство) и факультет вычислительной математики и кибернетики Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова представили доклад «Эволюция сходящегося сферического ударно-волнового импульса», авторы Бугримов А.Л., Лаврентьев В.В., Родэ С.В., Шапкарин И.П. В докладе предложена модель эволюции сферического сходящегося ударно-волнового импульса в рамках требования постоянства количества движения материала, вовлечённого в движения импульсом пилообразной формы. Такое порождение импульса возникает при детонации взрывчатого вещества со скоростью детонации порядка $\sim 5 \cdot 10^3$ м/с. Проблема актуальна как для задач горения и взрыва, так и многих технологических процессов, например, создания перспективных материалов методами детонации.

Высикайло Ф.И. сделал доклад об открытии в МГОУ 11 квантовомеханических эффектов, приводящих к существенному изменению свойств физически легированных наноструктурированных материалов. В частности, применение этих эффектов приводит к повышению прочностных и вязких свойств, износостойкости наноструктурированных композитов, уменьшению охрупчивания материалов, испытывающих тепловые и физические нагрузки, повышению люминесцентных свойств

и др. В его докладе рассмотрены: проблемы описания поведения поляризованных или с объёмным зарядом наночастиц, кумулирующих в себя на определённое время ранее свободные электроны, их энергию и импульс, и способы манипулирования этими структурами для повышения эффективности и долгосрочности их функционирования в новых нанокомпозитах в современной технике и элементной базе интегральных схем. Аналитически и экспериментально исследованы особенности интегрирования таких наночастиц в нанокомпозиты, эффективное функционирование таких систем и элементных баз на их основе, обладающих новыми свойствами, обусловленными поляризационными кумулятивными квантово-размерными эффектами, открытыми автором. На конкретных примерах проиллюстрирована существенная роль нарушения электронейтральности и генерации внутренних вибрирующих (пульсирующих) электрических полей в новых нанотехнологиях. Доказано, что для объяснения явлений в нанокомпозитах необходимо привлекать уравнение Шредингера как основу новой квантовой механики и предложенную им кумулятивную квантовую механику (ККМ). ККМ является логическим следствием новой квантовой механики для описания явлений в полых резонаторах с любым типом симметрии. Для описания явлений, возникающих из-за локального нарушения электронейтральности в нанокомпозитах, сформулированы основы кумулятивной наноэлектрофизики и наноэлектрохимии.

Команда из вузов г. Воронежа (Ларионов А.Н.[11], Ларионова Н.Н.[12], Пахомов А.В.[13]) представила доклад на тему «Акустические исследования вязкоупругих свойств смесей нематических жидких кристаллов». Импульсным методом фиксированного расстояния измерен коэффициент поглощения ультразвука в смесях нематических жидких кристаллов при изменяющихся P, V, T – термодинамических параметрах состояния. Исследования выполнены в диапазоне частот 500 кГц – 8,3 МГц. Рассчитаны значения диссипативных коэффициентов. Установлен характер зависимости коэффициентов сдвиговой и вращательной вязкости от давления, температуры и удельного объёма. Полученные результаты интерпретируются в рамках теории свободного объёма.

Чижов Владимир Александрович подробно остановился на предложенной им модели сверхпроводимости на базе двойникования границ кристаллов. Им на базе этой модели представлены возможные новые материалы – кандидаты на наиболее высокотемпературную сверхпроводимость. Эти исследования могут оказаться полезными для всей элементной базы нано- и микротехнологий.

Секция «Термодинамика, гидродинамика и аэродинамика» открылась выступлением Ю.К. Товбина «Малые системы и основы термодинамики». Автором представлены новые разработки в статистической термодинамике, которые ответили на самые важные вопросы по специфике малых систем – когда нельзя применять уравнения безмодельной термодинамики. Им проанализированы понятие «пассивных сил» Гиббса и корректность применения термодинамиче-

[11] Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I.

[12] Воронежский государственный университет.

[13] Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина.

ских подходов в кинетике: использование коэффициента активности активированного комплекса.

Коллектив авторов из ИПМ им. М.В. Келдыша РАН (В.В. Веденяпин, М.А. Негматов, Н.Н. Фимин, В.В. Чечёткин) представил доклад «Кинетика и гидродинамика уравнений Власова и Лиувилля».

По аэродинамике выступили профессор ФИЦ «Информатика и управление» РАН Ф.Г. Черемисин, «Примеры визуализации статистических функций распределения для неравновесных течений газа»; коллектив авторов Института высоких температур РАН В.С. Зиборов, Р.А. Галиуллин, В.П. Ефремов, Т.А. Ростилов, В.Е. Фортов, «Экспериментальное исследование эмиссионных свойств ударных волн, распространяющихся в гелии, разбавленном ксеноном»; коллектив авторов МГОУ Кузнецов М.М., Кулешова Ю.Д., Молоствин Е.В., Решетникова Ю.Г., «Анализ высокоскоростной неравновесности и реологии в ударной волне»; профессор МГОУ Кузьмин М.К., с докладами «Обобщение формул для скорости изменения радиусов крупных аэрозольных капель в процессе их испарения и конденсации» и «Начальное и конечное предельные выражения для скорости изменения радиуса нестационарно испаряющейся сферической капли» (второй – в соавторстве с Корнеевой Е.Е.).

По этой тематике С.Д. Трайтак, сотрудник Института химической физики РАН им. Н.Н. Семенова и лаборатории физики конденсированной материи университета Париж-Сакле (Палезо, Франция), представил доклад «On classical hydrodynamic theory of the passive thermophoresis: Clarifications, drawbacks, and revision». Теоретически описано термофоретическое движение в системе двух частиц, возникающее при объёмной химической реакции (так называемая модель Баскарана-Маркетти). Чтобы решить возникающие тепловые и гидродинамические проблемы используется обобщённый метод разделения переменных [9].

Для многих задач технологии электроники и других областей техники большую важность представляют выводы из доклада «Использование щелочноземельных металлических сплавов для получения сверхчистых газов» (авторы – сотрудники НИЦ «Курчатовский институт» и ООО «ЛОКиП» С.Э. Саркисов, В.В. Рябченков, В.А. Юсим, З.П. Осипова, И.Е. Квасов, руководитель коллектива проф. Клосс Ю.Ю.).

Особо отметим доклад по традиционной тематике МГОУ. Студентка кафедры методики преподавания физики Величко В.К. под руководством заведующего кафедрой Холиной С.А. и Классена Н.В., активно занимающегося школьными проблемами, рассказала о мотивации школьников к научно-технической деятельности через их привлечение к поисковым экспериментам. В докладе отображены основные модели сотрудничества для школ, заинтересованных в организации научно-технической деятельности школьников, этапы проведения научного исследования, а также затронуты вопросы о необходимой компетентности преподавателей, курирующих научно-техническую работу обучающихся школ.

В последний день конференции 6 декабря выступили студенты, аспиранты, молодые учёные из МГОУ, академической магистратуры ИФТТ, МФТИ, Объединённого института ядерных исследований в Дубне, Государственного гуманитарно-технологического университета, г. Орехово-Зуево, МИФИ, НИЦ

«Курчатовский институт», НПО «Луч», Центрального аэрогидродинамического института имени проф. Н.Е. Жуковского и других организаций.

Выделим темы выступлений магистрантов ИФТТ – выпускников бакалавриата МГОУ: «Методы описания искажений полиэдров на примере октаэдра», Короткова М.А.; «Распространение пробных импульсов второго звука в среде с квантовой турбулентностью в сверхтекучем гелии», Орлова А.А., Ефимов В.Б.; «Участие разделения зарядов в лазерной самоорганизации наносуспензий», Винокуров С.А.; «Формирование наноцепочек в турбулентных потоках плазмы и пара», Цебрук И.С.

Ряд интересных докладов был сделан аспирантами МФТИ: «Эффекты немонотонности аэродинамических характеристик пластины в гиперзвуковом потоке разреженного газа», аспирант из Вьетнама Выонг Ван Тьен, «A resonant gravity-driven of a power-law fluid over slippery topography substrate», аспирант из Египта Селим Р.С. (у обоих научный руководитель д.ф.-м.н. Горелов С.Л.), «Численное моделирование струи стационарного плазменного двигателя в магнитном поле», а также аспирантом НИИ ПМЭ МАИ Абгарян М.В. (научный руководитель профессор Бишаев А.М.)

Таким образом, конференция стала значительным событием в российской физике.

Статья поступила в редакцию 15.10.2018 г.

БЛАГОДАРНОСТИ

Проект организации и проведения Международной мультидисциплинарной конференции «Перспективная элементная база микро- и наноэлектроники с использованием современных достижений электродинамики и статистической физики» поддержан грантами РФФИ №№18-07-20105-г, 18-07-00897 А и МГОУ.

ACKNOWLEDGMENTS

The project of organizing and conducting the International Multidisciplinary Conference on Advanced Element Base of Micro- and Nanoelectronics Using Modern Achievements of Electrodynamics and Statistical Physics was supported by the Russian Foundation for Basic Research (grants No. 18-07-20105-g, 18-07-00897 A) and Moscow Region State University.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беляев В.В. Анатолий Александрович Власов в МОПИ имени Н.К. Крупской (к 110-летию со дня рождения по материалам архива МОПИ/МГОУ) // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Физика-математика. 2018. № 3. С. 93–106.
2. Высикайло Ф.И., Беляев В.В. Развитие идей А.А. Власова в МОПИ (МГОУ): к 110-летию со дня рождения Анатолия Александровича Власова // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Физика-математика. 2018. № 3. С. 107–116.
3. Веденяпин В.В., Фимин Н.Н., Негматов М.А. Уравнения типа Власова и Лиувилля и их микроскопические и гидродинамические следствия. М.: Институт прикладной математики имени М.В. Келдыша РАН, 2016. 52 с.

4. Веденяпин В.В. Кинетические уравнения Больцмана и Власова. М.: Физматлит, 2001. 111 с.
5. Козлов В.В. Обобщенное кинетическое уравнение Власова // Успехи математических наук. 2008. Т. 63. Вып. 4 (382). С. 93–130.
6. Власов А.А. Нелокальная статистическая механика. М.: Наука, 1978. 265 с.
7. Chigrinov V.G., Kozenkov V.M., Kwok H.S. Photoalignment of Liquid Crystalline Materials: Physics and Applications. West Sussex, England: John Wiley & Sons Ltd, 2008. 248 p.
8. Chigrinov V.G. Liquid Crystal Photonics. UK: Nova Science Publishers, 2015. 204 p.
9. Traytak S.D., Grebenkov D.S. Diffusion-influenced reaction rates for active "sphere-prolate spheroid" pairs and Janus dimers // Journal of Chemical Physics. 2018. Vol. 148. Iss. 2. P. 024107.

REFERENCES

1. Belyaev V.V. [Anatoliy A. Vlasov at Moscow Region Teachers' Training Institute (on his 110th birthday)]. In: *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblastnogo universiteta. Seriya: Fizika-matematika* [Bulletin of Moscow Region State University. Series: Physics and Mathematics], 2018, no. 3, pp. 93–106.
2. Vysikailo F.I., Belyaev V.V. [Development of Anatoly A. Vlasov's ideas at MRTTI (MRSU): on the 110th birthday of Anatoly Alexandrovich Vlasov]. In: *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblastnogo universiteta. Seriya: Fizika-matematika* [Bulletin of Moscow Region State University. Series: Physics and Mathematics], 2018, no. 3, pp. 107–116.
3. Vedenyapin V.V., Fimin N.N., Negmatov M.A. *Uravneniya tipa Vlasova i Liuvillya i ikh mikroskopicheskie i gidrodinamicheskie sledstviya* [Equations of Vlasov and Liouville type and their microscopic and hydrodynamic investigations]. Moscow, Keldysh Institute of Applied Mathematics RAS Publ., 2016. 52 p.
4. Vedenyapin V.V. *Kineticheskie uravneniya Bol'tsmana i Vlasova* [Kinetic Boltzmann and Vlasov equations]. Moscow, Fizmatlit Publ., 2001. 111 p.
5. Kozlov V.V. [Generalized Vlasov kinetic equation]. In: *Uspekhi matematicheskikh nauk* [Russian Mathematical Surveys], 2008, vol. 63, iss. 4 (382), pp. 93–130.
6. Vlasov A.A. *Nelokal'naya statisticheskaya mekhanika* [Nonlocal statistical mechanics]. Moscow, Nauka Publ., 1978. 265 p.
7. Chigrinov V.G., Kozenkov V.M., Kwok H.S. Photoalignment of Liquid Crystalline Materials: Physics and Applications. West Sussex, England, John Wiley & Sons Ltd Publ., 2008. 248 p.
8. Chigrinov V.G. Liquid Crystal Photonics. UK, Nova Science Publishers, 2015. 204 p.
9. Traytak S.D., Grebenkov D.S. Diffusion-influenced reaction rates for active "sphere-prolate spheroid" pairs and Janus dimers. In: *Journal of Chemical Physics*, 2018, vol. 148, iss. 2, pp. 024107.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Беляев Виктор Васильевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой теоретической физики Московского государственного областного университета;
e-mail: vic_belyaev@mail.ru;

Высикайло Филипп Иванович – доктор физико-математических наук, профессор кафедры теоретической физики Московского государственного областного университета;
e-mail: filvys@yandex.ru;

Кузнецов Михаил Михайлович – доктор физико-математических наук, профессор кафедры теоретической физики Московского государственного областного университета;
e-mail: kuznets-omn@yandex.ru;

Веденяпин Виктор Валентинович – доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Института прикладной математики имени М.В. Келдыша РАН;
e-mail:

Классен Николай Владимирович – кандидат физико-математических наук, заведующий лабораторией Института физики твёрдого тела РАН,
e-mail:

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Victor V. Belyaev – Doctor in Engineering Sciences, Professor, Head of the Department of Theoretical Physics, Moscow Region State University;
e-mail: vic_belyaev@mail.ru;

Philip I. Vysikaylo – Doctor in Physical and Mathematical Sciences, Professor at the Department of Theoretical Physics, Moscow Region State University;
e-mail: filvys@yandex.ru;

Mihail M. Kuznetsov – Doctor in Physical and Mathematical Sciences, Professor at the Department of Theoretical Physics, Moscow Region State University;
e-mail: kuznets-omn@yandex.ru;

Victor V. Vedenyapin – Doctor in Physical and Mathematical Sciences, Leading Researcher, Keldysh Institute of Applied Mathematics of the Russian Academy of Sciences;
e-mail:

Nikolay V. Klassen – PhD in Physical and Mathematical Sciences, Head of the Laboratory, Institute of Solid State Physics of the Russian Academy of Sciences;
e-mail:

ПРАВИЛЬНАЯ ССЫЛКА НА СТАТЬЮ

Беляев В.В., Высикайло Ф.И., Кузнецов М.М., Веденяпин В.В., Классен Н.В. Конференция «Перспективная элементная база микро- и наноэлектроники с использованием современных достижений электродинамики и статистической физики» // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Физика- математика. 2018. № 4. С. 8–27.
DOI: 10.18384/2310-7251-2018-4-8-27

FOR CITATION

Belyaev V.V., Vysikaylo P.I., Kuznetsov M.M., Vedenyapin V.V., Klassen N.V. Conference on "Advanced element base of micro- and nanoelectronics using modernte achievements of electrodynamics and statistical physics". In: *Bulletin of Moscow Region State University. Series: Physics and Mathematics*, 2018, no. 4, pp. 8–27.
DOI: 10.18384/2310-7251-2018-4-8-27