

УДК 537.5; 538.9

DOI: 10.18384-2310-7251-2018-3-107-116

## РАЗВИТИЕ ИДЕЙ А.А. ВЛАСОВА В МОПИ (МГОУ): К 110-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ АНАТОЛИЯ АЛЕКСАНДРОВИЧА ВЛАСОВА

**Высикайло Ф.И., Беляев В.В.**

*Московский государственный областной университет*

*141014, Московская область, г. Мытищи, ул. Веры Волошиной, д. 24, Российская Федерация*

**Аннотация.** К юбилею рождения А.А. Власова – гениального советского физика-теоретика, модифицировавшего уравнение Больцмана для описания коллективных явлений в плазме, подводятся итоги развития его идей и традиций в современной науке. Показано, что на базе его идей открыты кумулятивно-диссипативные заряженные структуры в плазме различной природы и исследованы особенности их взаимодействия через электромагнитные поля и энерго-массово-импульсные потоки заряженных частиц (электронов, протонов, и различных ионов). Приведены примеры развития его идей в МОПИ–МГОУ.

**Ключевые слова:** Власов А.А., дальнодействующие кулоновские потенциалы, кумулятивно-диссипативные заряженные структуры, электромагнитные поля, энерго-массово-импульсные потоки заряженных частиц.

## DEVELOPMENT OF ANATOLY A. VLASOV'S IDEAS AT MRTTI (MRSU): ON THE 110TH BIRTHDAY OF ANATOLY ALEXANDROVICH VLASOV

**P. Vysikaylo, V. Belyaev**

*Moscow Region State University*

*ul. VeryVoloshinoi 24, 141014 Mytishchi, Moscow region, Russian Federation*

**Abstract.** The year 2018 marks the 110<sup>th</sup> anniversary of the birth of Prof. A.A. Vlasov, an outstanding Soviet and Russian scientist in field of theoretical physics. He modified the Boltzmann equation to describe collective phenomena in plasma and made other discoveries in theoretical physics. We summarize the development of his ideas and traditions in modern science, especially by his followers at the Moscow Region Teachers Training Institute (MRTTI), currently MRSU. His ideas laid the foundation for the discovery of cumulative-dissipative charged structures in plasmas of various nature and for the investigation of the features of their interaction through electromagnetic fields and energy-mass-momentum flows of charged particles (electrons, protons, and various ions).

**Key words:** A.A. Vlasov, long-range Coulomb potentials, cumulative-dissipative charged structures, electromagnetic fields, energy-mass-pulsed flows of charged particles.

В этом году мы отмечаем юбилейную дату – 110 лет со дня рождения Анатолия Александровича Власова – гениального советского физика-теоретика. Считается, что в науке есть два подхода, и оба зародились в древней Греции. Первый тяготеет к философии и его можно проиллюстрировать философскими высказываниями типа: «все течёт» или «если что-то убыло, то где-то что-то прибыло в таком же количестве». Второй подход требует строгих методов расчёта и строгих частных выводов, как в работах Эйлера, Лагранжа, Лавуазье. Работы А.А. Власова опирались на синтез этих подходов, и его выводы на базе основных идей до сих пор не получили должной оценки в нашей стране.

Традиции и идеи, заложенные А.А. Власовым [1], продолжают поддерживаться и развиваться в настоящее время и не только его непосредственными учениками, которых у него было 25. Приведём краткий обзор таких идей, разрабатываемых после А.А. Власова и развиваемых в современных исследованиях различных организаций, в том числе и сотрудниками МГОУ (О.В. Голубева (ученица А.А. Власова) [2; 3], Ю.И. Яламов [4; 5], А.В. Латышев, А.А. Юшканов [6–10], А.К. Дадиванян [11–14], Э.В. Геворкян [15; 16], Ф.И. Высикайло [17–20], В.В. Беляев [13; 14; 20], М.М. Кузнецов [21; 22] и др.) в тесной кооперации с ведущими организациями России и СНГ.

Так, в МГОУ на базе идей А.А. Власова о необходимости учитывать **дальнодействующие** кулоновские силы, открыты кумулятивно-диссипативные заряженные структуры в плазме различной природы и исследованы особенности их взаимодействия через электромагнитные поля и энерго-массово-импульсные потоки заряженных частиц (электронов, протонов и различных ионов). Отметим, что идеи о важности дальнодействующих гравитационных и центробежных потенциалов были реализованы ещё Эйлером в 1767 г. Лагранж открыл в 1772 г. две треугольные точки либрации, и теперь все точки называются лагранжевыми. В МГОУ международной междисциплинарной конференцией «Эйлеровы чтения – МГОУ 2017» отмечалась 250 годовщина открытия трёх линейных (лагранжевых) точек либрации-кумуляции, совершенного ставшим нашим соотечественником швейцарцем Леонардом Эйлером в России в 1767 г, а не Лагранжем.

В МГОУ развиваются и исследуются для практических применений идеи о важности учёта дальнодействующих потенциалов, предложенные ещё в работах Эйлера и его последователей: Лагранжа, Власова и др. Так, сотрудниками МГОУ исследован принцип математического транспонирования методов и математических моделей из хорошо исследованных областей естественных наук в области, исследованные менее. Этот метод применялся и ранее де Бройлем, Эйнштейном, Шрёдингером, Гамовым и др. Сотрудникам МГОУ этот метод позволил не только верифицировать достижения в различных областях наук, но и получить новые знания на основании такого синергетического подхода к базе экспериментальных данных и теоретических исследований, накопленных в естественных науках. Так, на базе работ Эйлера и Лагранжа, посвящённых исследованию интерференции гравитационных и центробежных дальнодействующих потенциалов для системы трёх тел, сотрудниками МГОУ были открыты не

только точки либрации и кумуляции для электронов между вращающимися положительно заряженными структурами, но и линии и поверхности кумуляции; также классифицированы точки, открытые Эйлером и Лагранжем на точки либрации (вибрации, колебания –  $L_{4,5}$ ) и точки кумуляции для 3D энерго-массово-импульсных потоков ( $L_{1-3}$ ). Учёт далекодействующих кулоновских потенциалов или объёмных зарядов для астрофизических структур со слабым нарушением нейтральности (на уровне тридцать шестого знака после запятой) позволил разработать методы определения заряда Солнца по ионному составу солнечного ветра, и по известному заряду Солнца рассчитать профиль температуры электронов во всей гелиосфере положительно заряженного Солнца и в ионосфере отрицательно заряженной Земли. Это было выполнено согласно соотношению Эрнста-Таунсенда (Эйнштейна-Смолуховского, применявших это соотношение). При этом доказано, что важность учёта далекодействующих кулоновских сил, не влияющих на эффективный радиус Дебая в плазме самого слабо положительно заряженного Солнца (эффективный радиус Дебая Солнца меняется на уровне  $10^{-18}$ ), существенно влияет на характеристики электронов (температуру и характерный радиус Дебая) плазмы на расстояниях в 10–30 радиусов Солнца. Таким образом, применение радиуса Дебая для оценки далекодействия кулоновских сил в ряде случаев является ошибочным, в том числе и для оценки влияния электрического поля заряженных структур на окружающую их плазму.

В работах сотрудников МГОУ доказано, что вокруг **заряженных** астрофизических структур загораются неоднородные самостоятельные и несамостоятельные сферически симметричные плазменные слои – разряды – аналоги плазменного или электрического ветров в экспериментах с франклиновым колесом (эти открытия очень важны для развития таких систем как ГЛОНАСС, GPS и решения проблем устойчивости спутников). До сих пор считалось, что ионосфера формируется, в основном, из-за УФ ионизации электромагнитным излучением Солнца. Роль самостоятельного разряда в верхней атмосфере отрицательно заряженной Земли не исследовалась. Явления со слабым нарушением нейтральности в Солнечной системе формируют ускорители заряженных частиц – разряды гигантских размеров с фарадеевыми тёмными пространствами в 10 км (в ионосфере Земли) и огромными приведёнными к плотности частиц электрическими полями до 30 000 Тд, существенно превышающими пробойные значения в лабораторной плазме (порядка 100 Тд).

Согласно воспоминаниям заслуженного преподавателя МГУ И.А. Квасникова, Власов А.А. относился к проблеме – кто из них, он или Ландау открыли первым затухание плазменных колебаний – следующим образом: «Да, затухание – это же элементарно (!), речь идёт не о них и не о том, а о постоянно присутствующих во всех системах колебательных состояний, образующих вследствие наличия в системе самосогласованного поля периодические структуры» [1]. Власова больше интересовали сами вибрационные колебания ферми-газа в 4D структурах (в пространстве-времени), их пульсации и их частотные и энергетические спектры, а не их затухание (задача Власова 1945 г., Ландау 1946 г.) или разрушения структур при проникновении частиц через потенциальный барьер в сложной

структуре (задача Гамова 1928 г.). Задачи Гамова и Ландау–Власова о затухании волн А.А. Власов считал второстепенными!

Это очень важное открытие до сих пор не исследовано в полной мере ни теоретически, ни экспериментально в явлениях от фемтомира до явлений в Космосе. Ландау говорил, что метод важнее решения одной задачи. Только плодотворная идея важнее метода. Это открытие Власова только недавно было исследовано для частных явлений поляризационного захвата электрона во внутренний объем фуллеренов и явлений пульсирования квантовых звёзд при формировании кулоновских зеркал в ядрах звёзд [17–20]. Взаимодействие ранее свободного электрона, налетающего на фуллерен, приводит к поляризации фуллерена (электронная оболочка фуллерена, состоящая из 60 электронов, смещается от налетающего электрона и обнажает положительно заряженную решётку фуллерена). После прохождения электроном решётки фуллерена, уже на удаляющийся от фуллерена электрон будут действовать поляризационные силы, стремящиеся его вернуть в центр фуллерена. Это приводит к возникновению электрических полей между электроном и фуллереном. Это явление можно представить, как генерацию поляризационного барьера на некотором поляризационном расстоянии от фуллерена. В таком виде задача о взаимодействии ранее свободного электрона, захваченного поляризационными силами, с системой многих электронов в фуллерене сводится к известной задаче Гамова об альфа-распаде атомного ядра. В результате решения этой задачи – поляризационного захвата электрона во внутреннюю полость фуллерена (формирование отрицательно заряженной квантовой точки) – получены собственные энергетические спектры резонансного захвата (пульсирования) электронов с энергиями от 0,2 эВ до 20 эВ внутри фуллерена для всех типов фуллеренов. Полученные аналитически результаты хорошо совпали с экспериментальными наблюдениями, проведёнными в РФ и за её рубежами для отрицательных ионов на базе  $C_{60}$  и  $C_{70}$ . Как показали эксперименты, добротность такого квантового резонатора при пульсировании в нём электрона порядка  $10^{15}$ .

Что касается квантовых пульсаров, то при гравитационном коллапсе квантовых звёзд или их центров, так как масса свободных электронов во много раз меньше массы протонов, у электронов квантовые свойства появляются раньше, чем у протонов. Протоны продолжают сходиться к центру квантовой звезды как обычные частицы, а электроны из-за увеличивающейся их плотности становятся квантовыми сущностями, т.е. находятся и вне звезды. Это приводит к квантовому разделению заряда и появлению кулоновских зеркал, отражающих коллапсирующие, из-за гравитации, к центру звезды энерго-массово-импульсные потоки. Так работают кулоновские пульсары, открытые сотрудниками МГОУ, в полном соответствии с идеями А.А. Власова о генерации дальнедействующих внутренних полей в коллапсирующей плазме. Таким образом, учёт слабого нарушения нейтральности позволил открыть новый тип пульсаров на кулоновских зеркалах, новый тип атомного реактора, приводящего к нейтронизации обычного вещества в звёздах. Сотрудникам МГОУ удалось заложить основы астрофизики, учитывающей слабое нарушение нейтральности, существенно влияющее на процессы переноса в Космосе и в ионосфере Земли.

В МГОУ проводятся исследования влияния нарушения нейтральности и формирования динамических поляризационных кулоновских потенциалов, формируемых вибрацией ферми-газа, на спектроскопические свойства квантовых точек с различными типами кулоновских потенциалов (типа потенциальной ямы, как в задаче Шредингера-Бора, так и типа потенциального барьера Гамова), возникающие и при поляризационном захвате свободных электронов во внутреннюю полость фуллеренов. В результате открыты стоячие экситоны большого радиуса и объяснены резонансные профили сечений захвата электронов различными фуллеренами, обнаруженные в ряде экспериментов. На базе экспериментальных наблюдений за рамановскими спектрами (комбинационного рассеивания) и модификации модели экситонов большого радиуса Ванье-Мотта, получены наноразмерные профили диэлектрической проницаемости в области атома бора –  $\epsilon(r)$ , легирующего алмаз. На базе аналитических и экспериментальных исследований, сформулированы основы кумулятивной квантовой механики, позволившей описать неограниченную кумуляцию пси-функции заряженных частиц в полых квантовых наноразмерных резонаторах со сферической и цилиндрической симметриями и с энергетическими спектрами  $(n - 1/2)^{\pm 2}$ , где  $n = 1, 2, \dots$ . Исследование захвата свободных электронов структурами, обладающими определённым сродством к электронам, позволило открыть и исследовать принципы физического легирования наноструктурированных материалов, обладающих повышенной прочностью, износостойкостью и отсутствием процессов рекристаллизации. Эти новые свойства обусловлены внутренними дальнедействующими электрическими полями, возникающими из-за поляризационного захвата электронов, такими структурами, как фуллерены, нанотрубки или нанографены. В настоящее время в АО ГНЦ РФ ТРИНИТИ с участием ИБРАЭ РАН предполагается проведение работ по исследованию возможности использования методов физического легирования материалов для дальнейшего повышения надёжности работы ТВЭЛов для атомной промышленности. Доказано, что валентность атомов определяется количеством возможных точек кумуляции-либрации для внешних атомных электронов в молекулах или многоатомных структурах и кристаллах.

В этом плане высказывание А.А. Власова о плазме как о системе заряженных частиц, по существу не являющихся свободным газом, представляющей некоторой совершенно своеобразной 3D-размерной системой, стянутой далёкими силами, считается всё ещё актуальным тезисом, но пока не востребованным всеми исследователями газоразрядной плазмы и твёрдого тела, физически легированного наноструктурами – ловушками для свободных электронов. В роли положительно заряженных плазмодов, управляющих электронами на больших расстояниях, могут выступать катодные пятна и положительный столб, и, конечно, система страт, из которых в окружающее пространство удалена часть электронов в результате действия ЭДС. Учёт положительного заряда катодного пятна позволил объяснить обратное движение катодного пятна в поперечном магнитном поле, открытое ещё в 1903 г. Штарком и получившее объяснение только в 2004 г. Приверженцы 1D-размерных диффузионных моделей страт не допускают

и мысли, что следует провести хотя бы оценки влияния слабого нарушения нейтральности на стратификацию наносекундного газового разряда при давлениях порядка 100 Торр и выше, имеющего всегда из-за нарушения нейтральности 3D структуризацию. Именно слабое нарушение нейтральности приводит к стратификации разряда и формированию кулоновских ионизационно-дрейфовых диссипативных структур с кумуляцией потоков электронов в точках либрации (кумуляции) между положительно заряженными стратами.

Учёт слабого нарушения нейтральности, выполненный сотрудниками МГОУ, позволил объяснить эффект Пекарика, установившего противоположные направления групповой и фазовой скоростей страт в лабораторной газоразрядной плазме. Развеев миф о диффузионной природе страт и доказана их ионизационно-дрейфовая природа, из-за которой и происходит формирование слоёв объёмного заряда дальнедействующим электрическим полем, имеющим как продольную полному току компоненту ( $E_x$ ), так и, не менее важную, поперечную ему составляющую ( $E_r$ ). Доказано, что стратифицированная плазма в газовом разряде является совершенно своеобразной кумулятивно-диссипативной регулярной системой, стянутой далёкими кулоновскими силами ( $E_r$ ). Фокусирующее (кумулятивное) действие этих дальнедействующих сил на электроны совершенно аналогично действию на малые тела потенциальных сил огромных гравитирующих систем, описанных Эйлером и Лагранжем ещё в 1767–1772 гг. на примере системы трёх тел: двух массивных вращающихся тел – Солнца и Юпитера – и третьего пробного тела, с помощью которого исследуется интерференция центростремительного и сложного гравитационного потенциалов. В рамках построенной теории возмущения учёт слабого нарушения нейтральности позволил сотрудникам МГОУ предсказать и, аналитически и численно, описать ударные волны электрического поля (открытые Ганном в полупроводниках). Ударные волны электрического поля были даже остановлены и визуализированы в специально организованных экспериментах в газоразрядных трубках с прокачкой газа и локальным возмущением разряда пучком быстрых электронов. Кроме этого был открыт и подробно исследован новый тип амбиполярной диффузии, обусловленной слабым нарушением нейтральности.

А.А. Власов занимался разнообразными задачами «проблемы многих тел» или «многих частиц», о чём говорят и названия его статей, вышедших в течение нескольких десятилетий. В МОПИ (МГОУ) изучалось взаимодействие частиц в средах с различным фазовым составом под действием физических полей разной природы. Идеи А.А. Власова прямо или косвенно учтены в исследованиях учёных МОПИ (МГОУ) в области физики конденсированного состояния [2; 4; 20], в физике полимеров [11; 12], магнитных жидкостей, жидких кристаллов [13–15]. В МОПИ (МГОУ) выполнен ряд исследований взаимодействия электромагнитного излучения с микро- и наносистемами (тонкие металлические плёнки, проволоки) в различных диапазонах частот, низких или сравнимых с частотой плазменных колебаний. Получены аналитические выражения для коэффициентов поглощения, отражения и прохождения электромагнитного излучения; определены резонансные частоты; выявлены зависимости этих частот от харак-

теристик материала плёнки. Исследовано влияние квантовых волновых свойств и свойств пространственной дисперсии вырожденной электронной плазмы на взаимодействие электромагнитного излучения с тонкой металлической плёнкой и одномерным металло-диэлектрическим фотонным кристаллом, представляющим собой тонкие чередующиеся слои металла и диэлектрика [6–10].

Идеи А.А. Власова о важной роли внутренних самосогласованных электрических полей подтверждаются, они живы, развиваются и продолжают вдохновлять его учеников и последователей на дальнейшие открытия и исследования поведения электронного ферми-газа в кулоновских потенциалах с любыми размерами, формами и свойствами от фемтомира атомных ядер до макромира структур Космоса. История научной и общественной жизни А.А. Власова поучительна не только для молодых физиков, решающих проблемы на переднем крае естественных наук, но и для школьников, собирающихся заняться физикой или математикой.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Власов А.А. Теория вибрационных свойств электронного газа и ее приложения / послесл. И.А. Квасников; предисл. А.А. Рухадзе; изд. 2-е, доп. М.: ЛЕНАРД, 2017. 232 с.
2. Голубева О.В. Теоремы о динамических процессах в анизотропных средах // Проблемы математики в физико-технических задачах: Межведомственный сборник научных трудов. М: Московский физико-технический институт, 1987. С. 39–44.
3. Черняев А.П. О научном наследии О.В. Голубевой по направлению «Движение жидкости в пленках переменной толщины на криволинейных поверхностях» и современном состоянии науки // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Физика-математика. 2015. № 2. с. 62–74.
4. Deriaguin B.V., Yalamov Yu.I. The Theory of Thermophoresis and Diffusiophoresis of Aerosol Particles and Their Experimental Testing // International Reviews in Aerosol Physics and Chemistry. Vol. 3. Topics in Current Aerosol Research. Oxford: Pergamon Press Inc., 1972. Part 2. P. 1–200.
5. Шукин Е.Р., Яламов Ю.И., Шулиманова З.Л. Избранные вопросы физики аэрозолей. М.: Московский педагогический университет, 1992. 297 с.
6. Латышев А.В., Юшканов А.А. Аналитическое решение граничных задач для кинетических уравнений. М.: Московский государственный областной университет, 2004. 286 с.
7. Латышев А.В., Юшканов А.А. Граничные задачи для вырожденной электронной плазмы. М.: Московский государственный областной университет, 2006. 274 с.
8. Латышев А.В., Юшканов А.А. Аналитические решения в теории скин-эффекта. М.: Московский государственный областной университет, 2008. 285 с.
9. Латышев А.Н., Юшканов А.А. Определение толщины нанопленки с помощью резонансных частот // Квантовая электроника. 2015. Т. 45. № 3. С. 270–274.
10. Yushkanov A.A., Zverev N.V. Quantum electron plasma, visible and ultraviolet P-wave and thin metallic film // Physics Letters A. 2017. Vol. 381, Iss. 6. P. 679–684.
11. Дадиванян А.К., Чаусов Д.Н. Ближний ориентационный порядок в растворах полимеров. М.: Издательство Московского государственного областного университета, 2012. 92 с.
12. Определение критических величин при образовании растворов полимеров / Дадиванян А.К., Ноа О.В., Чаусов Д.Н., Игнатов Ю.А. // Высокомолекулярные соединения. Серия Б. 2008. Т. 50. № 2. С. 354–359.

13. Effect of photoaligning azo dye structure on liquid crystal anchoring energy / Barabanova N.N., Belyaev V.V., Bogdanov D.L., Chigrinov V.G., Dadivanyan A.K., Nazarov A.P., Noah O.V. // *Journal of the Society for Information Display*. 2015. Vol. 23. Iss. 10. P. 486.
14. Nanomesh aluminum films for LC alignment. Theoretical and experimental modeling / Dadivanyan A.K., Belyaev V.V., Chaousov D.N., Stepanov A.A., Smirnov A.G., Tsybin A.G., Osipov M.A. // *Molecular Crystals and Liquid Crystals*. 2015. Vol. 611. Iss. 1. P. 117–122.
15. Базаров И.П., Геворкян Э.В. Статистическая физика жидких кристаллов. М.: Издательство Московского университета, 1992. 496 с.
16. Геворкян Э.В. Многочастичные взаимодействия в физике конденсированного состояния // *Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Физика-математика*. 2013. № 3. С. 45–48.
17. Высикайло Ф.И. Кумуляция электрического поля в диссипативных структурах в газоразрядной плазме. // *Журнал экспериментальной и теоретической физики*. 2004. Т. 125. № 5. С. 1071–1081.
18. Vysikaylo P.I. Cumulative Quantum Mechanics (CQM). Part II. Application of Cumulative Quantum Mechanics in Describing the Vysikaylo Polarization Quantum-Size Effects // *Surface Engineering and Applied Electrochemistry*. 2012. Vol. 48. Iss. 5. P. 395–411.
19. Высикайло Ф.И. Архитектура кумуляции в диссипативных структурах. Saarbrücken: Palmarium Academic Publishing, 2013. 352 с.
20. Vysikaylo P.I., Mitin V.S., Belyaev V.V. Physical Alloying of Plasma Metallization Nanocomposite Coating by Allotropic Carbon Nanostructures. Part 2: Analytical Research // *IEEE Transactions on Plasma Science*. 2018. Vol. 46. Iss. 5. P. 1781–1785.
21. Кузнецов М.М., Кулешова Ю.Д., Смотрова Л.В. Аналитические модели ударно-волновой высокоскоростной поступательной неравновесности. Учебное пособие / науч. ред. В.А. Жачкин. М.: ИИУ МГОУ, 2017. 76 с.
22. Кузнецов М.М., Матвеев С.В., Молостин Е.В., Смотрова Л.В. Аналитические свойства эффекта высокоскоростного перехлёста в ударно сжатых бинарных смесях газов // *Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Физика-математика*. 2017. № 4. С. 79–87.

## REFERENCES

1. Vlasov A.A. *Teoriya vibratsionnykh svoystv elektronnoy gaza i ee prilozheniya* [Theory of vibration properties of electron gas and its applications]. Moscow, LENARD Publ., 2017. 232 p.
2. Golubeva O.V. [Theorems on dynamic processes in anisotropic media]. In: *Problemy matematiki v fiziko-tehnicheskikh zadachakh: Mezhdvedomstvennyi sbornik nauchnykh trudov* [Problems of mathematics in physics and technical tasks: Interdepartmental collection of scientific works]. Moscow, Moscow Institute of Physics and Technology Publ., 1987. pp. 39–44.
3. Chernyaev A.P. [On the scientific heritage of professor Olga V. Golubeva in the direction of “Fluid movement in films of variable thickness on curved surfaces” and the state-of-the-art of this science]. In: *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblastnogo universiteta. Seriya: Fizika-matematika* [Bulletin of Moscow Region State University. Series: Physics and Mathematics], 2015, no. 2, pp. 62–74.
4. Deriaguin B.V., Yalakov Yu.I. Theory of Thermophoresis and Diffusiophoresis of Aerosol Particles and Their Experimental Testing. In: *International Reviews in Aerosol Physics and Chemistry. Vol. 3. Topics in Current Aerosol Research*. Oxford, Pergamon Press Inc. Publ., 1972. Part 2, pp. 1–200.



5. Shchukin E.R., Yalamov Yu.I., Shulimanova Z.L. *Izbrannye voprosy fiziki aerozolei* [Selected topics of the physics of aerosols]. Moscow, Moscow Pedagogical University Publ., 1992. 297 p.
6. Latyshev A.V., Yushkanov A.A. *Analiticheskoe reshenie granichnykh zadach dlya kineticheskikh uravnenii* [Analytical solution of boundary problems for kinetic equations]. Moscow, Moscow Region State University Publ., 2004. 286 p.
7. Latyshev A.V., Yushkanov A.A. *Granichnye zadachi dlya vyrozhdЕННОй elektronnoy plazmy* [Boundary value problems for a degenerate electron plasma]. Moscow, Moscow Region State University Publ., 2006. 274 p.
8. Latyshev A.V., Yushkanov A.A. *Analiticheskie resheniya v teorii skin-efekta* [Analytical solutions in the theory of skin-effect]. Moscow, Moscow Region State University Publ., 2008. 285 p.
9. Latyshev A.N., Yushkanov A.A. [Determination of nanofilm thickness using resonant frequencies]. In: *Kvantovaya elektronika* [Quantum Electronics], 2015, vol. 45, no. 3, pp. 270–274.
10. Yushkanov A.A., Zverev N.V. Quantum electron plasma, visible and ultraviolet P-wave and thin metallic film. In: *Physics Letters A*, 2017, vol. 381, iss. 6, pp. 679–684.
11. Dadivanyan A.K., Chausov D.N. *Blizhnii orientatsionnyi poryadok v rastvorakh polimerov* [Middle orientational order in polymer solutions]. Moscow, Moscow Region State University Publ., 2012. 92 p.
12. Dadivanyan A.K., Noa O.V., Chausov D.N., Ignatov Yu.A. [Identification of critical variables in the formation of polymer solutions]. In: *Vysokomolekulyarnye soedineniya. Seriya B* [Polymer Science. Series B], 2008, vol. 50, no. 2, pp. 354–359.
13. Barabanova N.N., Belyaev V.V., Bogdanov D.L., Chigrinov V.G., Dadivanyan A.K., Nazarov A.P., Noah O.V. Effect of photoaligning an azo dye structure on liquid crystal anchoring energy. In: *Journal of the Society for Information Display*, 2015, vol. 23, iss. 10, p. 486.
14. Dadivanyan A.K., Belyaev V.V., Chausov D.N., Stepanov A.A., Smirnov A.G., Tsybin A.G., Osipov M.A. Nanomesh aluminum films for LC alignment. Theoretical and experimental modeling. In: *Molecular Crystals and Liquid Crystals*, 2015, vol. 611, iss. 1, pp. 117–122.
15. Bazarov I.P., Gevorkyan E.V. *Statisticheskaya fizika zhidkikh kristallov* [Statistical physics of liquid crystals]. Moscow, Moscow University Publ., 1992. 496 p.
16. Gevorkyan E.V. [Many-particle interactions in condensed state physics]. In: *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblastnogo universiteta. Seriya: Fizika-matematika* [Bulletin of Moscow Region State University. Series: Physics and Mathematics], 2013, no. 3, pp. 45–48.
17. Vysikailo P.I. [Cumulation of the electric field in dissipative structures in a gas-discharge plasma]. In: *Zhurnal eksperimental'noi i teoreticheskoi fiziki* [Journal of Experimental and Theoretical Physics ], 2004, vol. 125, no. 5, pp. 1071–1081.
18. Vysikaylo P.I. Cumulative Quantum Mechanics (CQM). Part II. Application of Cumulative Quantum Mechanics in Describing the Vysikaylo Polarization Quantum-Size Effects. In: *Surface Engineering and Applied Electrochemistry*, 2012, vol. 48, iss. 5, pp. 395–411.
19. Vysikailo P.I. *Arkhitektura kumulyatsii v dissipativnykh strukturakh* [Cumulation architecture in dissipative structures]. Saarbrücken, Palmarium Academic Publishing, 2013. 352 p.
20. Vysikaylo P.I., Mitin V.S., Belyaev V.V. Physical Alloying of Plasma Metallization Nanocomposite Coating by Allotropic Carbon Nanostructures. Part 2: Analytical Research. In: *IEEE Transactions on Plasma Science*, 2018, vol. 46, iss. 5, pp. 1781–1785.

21. Kuznetsov M.M., Kuleshova Yu.D., Smotrova L.V. *Analiticheskie modeli udarno-volnivoi vysokoskorostnoi postupatel'noi neravnovesnosti* [Analytical models of shock-wave high-speed translational disequilibrium]. Moscow, MRSU Ed. off. Publ., 2017. 76 p.
22. Kuznetsov M.M., Matveev S.V., Molostvin E.V., Smotrova L.V. [Analytical properties of the high-speed overshoot effect in a shock-compressed binary gas mixture]. In: *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblastnogo universiteta. Seriya: Fizika-matematika* [Bulletin of Moscow Region State University. Series: Physics and Mathematics], 2017, no. 4, pp. 79–87.

---

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

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

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

### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

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

*Victor V. Belyaev* – Doctor of Technical Sciences, professor, Head of the Department of Theoretical Physics, Moscow Region State University; e-mail: vic\_belyaev@mail.ru

---

### ПРАВИЛЬНАЯ ССЫЛКА НА СТАТЬЮ

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. DOI: 10.18384-2310-7251-2018-3-107-116

### FOR CITATION

Vysikaylo P.I., Belyaev V.V. Development of Anatoly A. Vlasov's ideas at MRTTI (MRSU): on the 110th birthday of Anatoly Alexandrovich Vlasov. In: *Bulletin of Moscow Region State University. Series: Physics and Mathematics*, 2018, no. 3, pp. 107–116. DOI: 10.18384-2310-7251-2018-3-107-116