

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.193.01  
(Д 002.110.02), СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ  
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА  
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 21.12.2022 г. № 34

О присуждении Родину Михаилу Максимовичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Развитие теории электростатического взаимодействия заряженных тел на малых расстояниях между ними» по специальности 1.3.9 – физика плазмы принята к защите 17.10.2022 г., (протокол заседания № 25) диссертационным советом 24.1.193.01 (Д 002.110.02), созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук (125412, г. Москва, Ижорская ул., д. 13, стр. 2, (495) 485-8345, jiht.ru), утвержденного Приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 86/нк от 26.01.2022г.

Соискатель Родин Михаил Максимович 1994 года рождения, в 2018 году окончил Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский физико-технический институт (государственный университет)».

Работает в должности младшего научного сотрудника лаборатории № 17.3 – активных кулоновских систем Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук.

В 2022 году окончил очную аспирантуру Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего

образования «Московский физико-технический институт (государственный университет)».

Диссертация выполнена в лаборатории № 17.3 – активных кулоновских систем Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук.

Научный руководитель доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник лаборатории № 17.3 Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук Филиппов Анатолий Васильевич.

Официальные оппоненты:

- доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лабораторией Плазменно-пылевых процессов в космических объектах Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института космических исследований Российской академии наук Сергей Игоревич Попель;

- доктор физико-математических наук, доцент, профессор Физического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет» Виктор Юрьевич Карасев

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук в своем положительном заключении, составленном главным научным сотрудником теоретического отдела, д.ф.-м.н., проф. Игнатовым А.М. (утвержденном 30.11.2022 г. директором, чл.-корр. РАН Гарновым С.В.) указала, что достоверность результатов, полученных в диссертации, не вызывает сомнений, однако автору следовало сравнить их с полученными другими численными методами и дополнить найденными при других наборах параметров рассматриваемой системы.

Результаты работы могут быть использованы в научных и научно-образовательных центрах, а также в организациях, проводящих исследования в области физики пылевой плазмы и в других областях, связанных с взаимодействием макроскопических объектов на малых расстояниях, в частности, в Объединенном институте высоких температур РАН, Троицком институте инновационных и термоядерных исследований, Институте теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича СО РАН, Институте нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН, Институте общей физики им. А. М. Прохорова РАН, Физическом институте им. П.Н. Лебедева РАН, Московском физико-техническом институте (государственном университете).

Соискатель имеет 3 опубликованные работы по теме диссертации:

1. *Филиппов А.В., Дербенев И.Н., Паутов А.А., Родин М.М.* «Электростатическое взаимодействие макрочастиц в плазме в режиме сильного экранирования» (2017), ЖЭТФ (DOI: 10.7868/S0044451017090176)
2. *Rodin M., Filippov A.* “Accurate and approximate methods to calculate capacitance and potential coefficients of two-particle system” (2017), J. Phys.: Conf. Ser. (DOI: 10.1088/1742-6596/927/1/012045)
3. *Pautov A.A., Rodin M.M., Filippov A.V.* “Interaction potential of two spherical macroparticles at constant surface potentials” (2019), J. Phys.: Conf. Ser. (DOI: 10.1088/1742-6596/1147/1/012114).

На автореферат поступили отзывы:

1. **Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физический институт имени П.Н. Лебедева Российской академии наук** (высококвалифицированный главный научный сотрудник отдела оптики низкотемпературной плазмы, д.ф.-м.н., профессор Очкин В.Н.) – отзыв положительный, с замечанием:

- автор отмечает, что только в случае постоянных зарядов возможно перейти от силы в вакууме к силе в плазме, однако предложенный им способ нахождения силы в случае постоянных потенциалов предполагает

опосредованное вычисление зарядов, что, как кажется, не делает их постоянными и не устраняет заявленное ограничение.

**2. Акционерное общество «Государственный научный центр Российской Федерации Троицкий институт инновационных и термоядерных исследований»** (главный научный сотрудник отделения перспективных разработок, д.ф.-м.н., профессор Глова А.Ф.) – отзыв положительный, с замечанием:

- следует отметить что при малых расстояниях между поверхностями частиц на первый план выходят силы Казимира и Ван дер Ваальса, которые полезно было бы сравнить с найденной электростатической силой.

**3. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)»** (профессор кафедры прикладной физики, д.ф.-м.н., профессор Александров Н.Л.) - отзыв положительный, с замечанием:

- автору следовало подробнее раскрыть преимущество предложенного способа вычисления емкостных коэффициентов на фоне используемого в качестве референтного метода расчета и использованием бисферической системы координат.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается:

- д.ф.-м.н., профессор Попель С.И. является ведущим специалистом в области физики пылевой плазмы и исследований плазменно-пылевых процессов в космических объектах и в атмосфере Земли.

1. Golub, A. P., & Popel, S. I. (2021). Nonstationary Processes in the Formation of a Dusty Plasma near the Surface of Phobos. JETP Letters, 113(7), 428-432;

2. Morozova, T. I., & Popel, S. I. (2020). On the Plasma–Dust Processes Accompanying Meteor Showers. Plasma Physics Reports, 46(11), 1075-1088;

3. Zelenyi, L. M., Popel, S. I., & Zakharov, A. V. (2020). Dusty plasma at the

Moon. Challenges of modeling and measurements. *Plasma Physics Reports*, 46(5), 527-540.

- д.ф.-м.н., доцент Карасев В.Ю. является крупным ученым в области экспериментальных исследований плазменно-пылевых структур, находящихся в газовом разряде и помещенных в неоднородное магнитное поле.

1. Абдирахманов, А. Р., Карасев, В. Ю., Дзлиева, Е. С., Павлов, С. И., Новиков, Л. А., & Рамазанов, Т. С. (2021). Вращение пылевой структуры в сильном неоднородном магнитном поле. *Теплофизика высоких температур*, 59(5), 657-662;
2. Kartasheva, A., Karasev, V., & Golubovskii, Y. (2019). Nonlinear oscillations of a single dust particle as the basis of the method for the DC plasma diagnostics. *Journal of Instrumentation*, 14(10), C10034;
3. Карасев, В. Ю., Дзлиева, Е. С., Павлов, С. И., Новиков, Л. А., & Машек, И. Ч. (2019). Регистрация собственного вращения пылевых частиц в условиях ВЧ разряда индукционного типа. *Журнал технической физики*, 89(1), 50-54.

- Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук является профильной организацией, специализирующейся, в частности, на проведении исследований в области физики пылевой плазмы, теоретическом и экспериментальном изучении систем многих частиц, моделировании молекулярных кластеров. В теоретическом отделе ведутся интенсивные работы по изучению пылевых структур в плазменной среде, эволюции плазменных кристаллов и цепочек пылевых частиц.

1. Игнатов, А. М. (2020). Устойчивость линейного плазменного кристалла. *Физика плазмы*, 46(3), 213-218;
2. Игнатов, А. М. (2020). Нелинейная динамика линейной цепочки пылевых частиц. *Физика плазмы*, 46(9), 847-853;

3. Игнатов, А. М. (2019). Коллективная сила ионного увлечения. Физика плазмы, 45(9), 825-830.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

– предложен алгоритм вычисления силы взаимодействия макрочастиц с постоянными потенциалами поверхностей в плазме при слабом экранировании через умножение силы взаимодействия в однородном диэлектрике на плазменную поправку, что позволяет избежать серьезных вычислительных трудностей, с которыми сопряжено непосредственное использование формулы для силы взаимодействия в плазме при малых межчастичных расстояниях;

– представлены явные формулы для точного вычисления емкостных и потенциальных коэффициентов системы из двух сферических частиц конечного размера, полученные гладкой сшивкой выражений, имеющих высокую точность в пределах малых и больших расстояний между частицами;

– показано, что при численном исследовании взаимодействия сферических макрочастиц с близко расположенным точечным зарядом возникает проблема крайне медленной сходимости формул для поверхностной плотности заряда и силы взаимодействия, и предложен метод выделения вкладов зарядов-изображений, позволивший преодолеть это затруднение и получить надежные результаты для рассчитываемых величин;

– продемонстрировано, что влияние третьей частицы пренебрежимо малого размера на взаимодействие двух диэлектрических сферических частиц оказывается заметным преимущественно в той области их параметров, которая соответствует переходу от отталкивания к притяжению;

– установлено, что в случае, когда свободный заряд распределен по поверхностям макрочастиц равномерно, момент электростатической силы, действующей на сферу, оказывается равным нулю независимо от взаимного расположения трех частиц.

**Теоретическая и практическая значимость исследования** работы заключаются, во-первых, в том, что предложенный метод расчета емкостных коэффициентов системы из двух проводящих шаров может быть использован для нахождения потенциала взаимодействия пылевых частиц в плазме, который позволяет определить условия фазовых переходов в пылевой плазме, частоты пылеакустических колебаний и коэффициенты переноса пылевых частиц. Во-вторых, развитая в работе теория электростатического взаимодействия трех частиц дает возможность учесть влияние соседей на пару сферических частиц и тем самым расширить и дополнить результаты предыдущих исследований.

**Достоверность результатов** исследования обеспечена использованием проверенных физических и математических методов, проверкой полученных результатов экстраполяцией на случаи малых и больших расстояний и сравнением полученных данных с результатами других авторов.

**Личный вклад соискателя** состоит в активном участии в исследовании, результаты которого представлены в первой главе диссертации, а также в формулировке и решении задач, составляющих вторую и третью главы представленной работы.

Апробация результатов исследования проводилась на 16 российских и международных конференциях и симпозиумах. Основные публикации по выполненной работе также подготовлены при определяющем участии автора.

В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было.

Соискатель Родин Михаил Максимович ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы, привел собственную аргументацию и согласился со сделанными замечаниями.

На заседании от 21.12.2022 г. диссертационный совет принял решение за развитие существующей теории электростатического взаимодействия заряженных тел в различных средах, присудить Родину Михаилу Максимовичу ученую степень кандидата физико-математических наук по

специальности 1.3.9 – физика плазмы.

При проведении тайного голосования Диссертационный совет в количестве 24 человек, из них очно: 5 докторов наук по специальности 1.3.9 – физика плазмы и 7 докторов наук по специальности 1.3.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника, дистанционно: 5 доктора наук по специальности 1.3.9 – физика плазмы и 5 докторов наук по специальности 1.3.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника, участвовавших в заседании, из 31 человека, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 24, против 0, недействительных бюллетеней - 0.

Зам. председателя диссертационного совета 24.1.193.01

д.ф.-м.н., профессор

Андреев Н.Е.

Ученый секретарь диссертационного совета 24.1.193.01

к.ф.-м.н.

Тимофеев А.В.

21.12.2022 г.

