

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.063.03 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
НАУКИ ИНСТИТУТ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ ИМ. А.М. ПРОХОРОВА
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК ПО ДИССЕРТАЦИИ НА
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от «20» мая 2019 г. протокол № 211

О присуждении Гаврикову Андрею Владимировичу, гражданину РФ, ученой степени доктора физико-математических наук.

Диссертация «Плазменно-пылевые структуры при внешних воздействиях: зарядка макрочастиц, их динамика и явления переноса» по специальности 01.04.08 физика плазмы принята к защите 11.02.2019 г. № протокола 202 диссертационным советом Д 002.063.03 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук (119991 Москва, ул. Вавилова, 38, приказ № 105/нк от 11.04.2012 г.).

Соискатель Гавриков Андрей Владимирович 1978 года рождения. В 2001 году соискатель окончил Московский физико-технический институт (государственный университет). В 2004 году соискатель окончил аспирантуру Московского физико-технического института. Диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук «Вязкостные свойства плазменно-пылевой жидкости» по специальности 01.04.08 – Физика плазмы защитил в 2004 году в диссертационном совете, созданном на базе Объединенного института высоких температур Российской академии наук. Работает заместителем директора по научной работе в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Объединенном институте высоких температур Российской академии наук.

Диссертация выполнена в отделе пылевой плазмы Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенный институт высоких температур Российской академии наук.

Научный консультант – доктор физико-математических наук, профессор, академик РАН Петров Олег Федорович, директор Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенный институт высоких температур Российской академии наук.

Официальные оппоненты:

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

Паперный Виктор Львович, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой общей и космической физики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский государственный университет»,

Акишев Юрий Семенович, доктор физико-математических наук, профессор, начальник лаборатории кинетики слабоионизированной плазмы, Акционерное общество «Государственный научный центр Российской Федерации Троицкий институт инновационных технологий и термоядерных исследований»

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теплофизики им. С. С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук (ИТ СО РАН) в своем положительном заключении, подписанном Сухининым Геннадием Ивановичем, доктором физико-математических наук, главным научным сотрудником лаборатории разреженных газов ИТ СО РАН и Новопашиным Сергеем Андреевичем, доктором физико-математических наук, профессором, заведующим лабораторией разреженных газов ИТ СО РАН и утвержденном Марковичем Дмитрием Марковичем, доктором физико-математических наук, профессором, членом-корреспондентом РАН, директором ИТ СО РАН,

указала, что выполненная на высоком научном уровне диссертационная работа А.В. Гаврикова удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к докторским диссертациям, а её автор заслуживает присуждения искомой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.08 – Физика плазмы.

В отзыве указаны следующие замечания:

1. Автор диссертации, несмотря на высокую эрудицию, достаточно скупоссылается на исследования своих коллег и конкурентов (список цитируемой литературы из 136 наименований можно было бы существенно увеличить).
2. Бинарная корреляционная функция $g(r) = g_2|r_1 - r_2|$ отражает фазовое состояние пылевой плазмы, определяется параметром неидеальности, а в случае изотропного парного взаимодействия определяет давление, плотность энергии, сжимаемость жидкости. А какие важные свойства в пылевой плазме определяются трехчастичными корреляционными функциями, нахождение которых сопряжено с существенными трудностями? Анализ показал, что отличие суперпозиционного приближения от регистрируемой трёхчастичной корреляционной функции составляет порядка 30–60%. Стоило бы пояснить, к каким неверным выводам это приводит при анализе пылевой плазмы.
3. В диссертации разработаны методы определения и получены коэффициенты диффузии, вязкости и теплопроводности в плазменно-пылевой жидкости. Приведены значения коэффициента вязкости для пылевой жидкости и пылевого кристалла. А как эти коэффициенты зависят от плотности пылевых частиц, параметра неидеальности и других параметров? Сравнения с результатами других авторов приводятся только для теплопроводности пылевой жидкости.
4. При фотоэмиссионной зарядке полидисперсных иттриевых частиц показано, что происходит двуполярная зарядка: более 90% частиц приобретает положительный заряд (около 8000 элементарных зарядов), менее 10% — отрицательный заряд (около 1500 элементарных зарядов) для частиц радиусом 15 мкм. Этот результат кажется странным и трудно

объяснимым. Почему у заряда только два пика? Какие параметры определяют распределение положительных и отрицательных зарядов пылевых частиц при наличии фотоэмиссии электронов с поверхности частицы и потока электронов и ионов на частицу из плазмы?

5. Была продемонстрирована сверхвысокая зарядка пылевых частиц при прямом воздействии электронного пучка с энергией $E_b = 30,8$ кэВ. Заряд, приобретаемый частицами, составил $Q \approx 5 \cdot 10^7 e$, что соответствует удельному заряду $10^6 e$ для частицы микронных размеров и более чем на два порядка превышает типичные значения заряда для пылевых частиц такого же размера, находящихся в плазме газовых разрядов низкого давления. Стоило бы получить зависимость заряда Q от энергии пучка и радиуса частиц, что подтвердило бы многочисленные оценки, выполненные в диссертации.

Соискатель имеет более 100 опубликованных работ. Из них более 50 работ по теме диссертации, в том числе 25, опубликованных в изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

Список наиболее значительных работ

1. Ваулина О.С., Петров О.Ф., Фортов В.Е., Чернышев А.В., Гавриков А.В., Шахова И.А., Семенов Ю.П. Экспериментальные исследования динамики макрочастиц в плазме газовых разрядов // Физ. плазмы. — 2003. — Т. 29, № 8.—С. 698–713.
2. Vaulina O.S., Petrov O.F., Fortov V.E., Chernyshev A.V., Gavrikov A.V., Shakhova O.A. Three-particle correlations in nonideal dusty plasma // Phys.Rev. Lett.—2004.—Vol. 93.—P. 035004.
3. Gavrikov A., Shakhova I., Ivanov A., Petrov O., Vorona N., Fortov V. Experimental study of laminar flow in dusty plasma liquid // Phys. Lett. A.— 2005.—Vol. 336, no. 4–5.—P. 378–383.
4. Фортов В.Е., Ваулина О.С., Петров О.Ф., Шахова И.А., Гавриков А.В., Хрусталеv Ю.В. Анализ процессов теплопереноса для пылевых структур в плазме ВЧ-разряда // Физ. плазмы.—2006.—Т. 32, № 4.—С. 352–361.

5. Fortov V.E., Vaulina O.S., Petrov O.F., Vasiliev M.N., Gavrikov A.V., Shakova I.A., Vorona N.A., Khrustalyov Y.V., Manohin A.A., Chernyshev A.V. Experimental study of the heat transport processes in dusty plasma fluid // *Phys. Rev. E*.—2007.—Vol. 75.—P. 026403.
6. Vaulina O.S., Lisin E.A., Gavrikov A.V., Petrov O.F., Fortov V.E. Determination of pair interaction forces between particles in nonideal dissipative systems // *Phys. Rev. Lett.*—2009.—Vol. 103.—P. 035003.
7. Gavrikov A.V., Goranskaya D.N., Ivanov A.S., Petrov O.F., Timirkhanov R.A., Vorona N.A., Fortov V.E. Investigation of nonnewtonian behavior of dusty plasma liquid // *J. Plasma Phys.* — 2010. —Vol. 76, no. 3–4.—P. 579–592.
8. Филиппов А.В., Бабичев В.Н., Фортов В.Е., Гавриков А.В., Паль А.Ф., Петров О.Ф., Старостин А.Н., Саркаров Н.Э. Двуполярная зарядка пылевых частиц под действием ультрафиолетового излучения // *ЖЭТФ*. — 2011.—Т. 139, № 5.—С. 1009–1021.
9. Fortov V.E., Gavrikov A.V., Petrov O.F., Sidorov V.S., Vasiliev M.N., Vorona N.A. Superhigh dust charging by high-voltage electron beam // *EPL*.—2011.—Vol. 94, no. 5.—P. 55001.
10. Антонов Н.Н., Гавриков А.В., Иванов А.С., Петров О.Ф., Тимирханов Р.А., Фортов В.Е. Лазерное возбуждение долгоживущих колебательных состояний в плазменно-пылевой ловушке // *ЖЭТФ*. — 2012. — Т. 139, № 5.—С. 1009–1021.

На автореферат поступил отзыв от Васильевой Т.М., доктора технических наук, доцента, профессора департамента химии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования Московского физико-технического института (национального исследовательского университета) Отзыв положительный, но указано, что в автореферате определенно не хватает иллюстративного материала, количественно показывающего влияние параметров внешних воздействий на динамику пылевых структур, например как количественно изменяются характеристики движения системы частиц при варьировании интенсивности

или частоты внешнего воздействия. Указанное обстоятельство можно рассматривать как недостаток оформления автореферата, не снижающий общую оценку. Также имеется отзыв на автореферат от Попеля С.И., доктора физико-математических наук, профессора, заведующего лабораторией плазменно-пылевых процессов в космических объектах Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института космических исследований Российской академии наук. Отзыв положительный. Замечаний нет.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается известностью их работ в области физики плазмы и высокой степенью научного авторитета, обусловленного компетентностью и значимостью их работ.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

Получены в широком диапазоне параметров неидеальности (от 20 до 110) экспериментальные данные о диффузии, вязкости и теплопроводности в плазменно-пылевых структурах, о парных и тройных корреляциях в них. Установлено, что отличие трёхчастичной корреляционной функции от восстановленной при помощи суперпозиционного приближения составляет от 30 до 60%, характерные значения коэффициента сдвиговой вязкости составляют 10^{-9} Па·с, а коэффициента теплопроводности 10^{-14} эрг/(с·см·К). Показано, что при фотоэмиссионной зарядке ансамбля полидисперсных иттриевых частиц (характерный радиус 15 мкм) происходит дипольная зарядка. Экспериментально показана сверхвысокая зарядка пылевых частиц при воздействии пучка электронов ($1,6 \cdot 10^7$ элементарных зарядов для частицы радиусом 50 мкм). Предложен способ генерации вакансий в плазменно-пылевом кристалле с помощью лазерного воздействия. Экспериментально обнаружены и исследованы незатухающие вертикальные осцилляции отдельной частицы в плазменно-пылевом монослое,

возбуждаемые лазерным импульсом; изучены эффекты, связанные с перезарядкой частицы и запаздыванием ее заряда по отношению к равновесному.

Теоретическая значимость обусловлена тем, что полученные результаты могут быть использованы для построения и развития физических моделей всевозможных сильнонеидеальных систем, например таких, как космические плазменно-пылевые образования, жидкости различной степени упорядоченности, вигнеровские кристаллы в ионных ловушках, структуры электронов на поверхности жидкого гелия и др.

Научная новизна диссертации заключается в следующем: сформировано научное направление, связанное с воздействиями и явлениями переноса в плазменно-пылевых структурах, разработаны и верифицированы новые методы диагностирования параметров плазменно-пылевых образований, получены новые данные о зарядке и динамике макрочастиц в плазменно-пылевых образованиях, о диффузии, вязкости и теплопроводности в сильноупорядоченных плазменно-пылевых структурах, о парных и тройных корреляциях в таких структурах.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается следующим. Полученные данные представляют интерес для создания плазменно-пылевых двигателей космических аппаратов, разработки новых композитных материалов, в частности катализаторов и лекарств, с возможностью адресной доставки внутрь организма, сепарации частиц по размерам, для каталитического ускорения скорости реакций с высоким энергетическим барьером, глубокой имплантации ионов, получения материалов с новыми поверхностными свойствами и т.д.

Оценка достоверности. Достоверность полученных результатов подтверждается публикациями в высокорейтинговых научных журналах, обсуждениями на российских и международных конференциях и семинарах.

Личный вклад соискателя состоит в проведении экспериментов и теоретических расчетов, обработке и анализе экспериментальных данных, интерпретации результатов, участии в написании статей, выступлении на конференциях и семинарах с полученными научными результатами.

На заседании 20 мая 2019 г. диссертационный совет принял решение присудить Гаврикову Андрею Владимировичу ученую степень доктора физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 5 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту «0» человек, проголосовали: за «18», против «0», недействительных бюллетеней «0».

Председатель диссертационного совета

академик РАН




И.А. Щербаков

Ученый секретарь диссертационного совета

канд. физ.-мат. наук


Т.Б. Воляк