

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.110.02
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 27.03.2019г. протокол № 3

О присуждении Карташевой Александре Александровне, гражданке Российской Федерации ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Колебательные свойства плазменно-пылевой системы в стратифицированном разряде», в виде рукописи по специальности 01.04.08 – физика плазмы, принята к защите 26.12.2018г. (протокол заседания № 26), диссертационным советом Д 002.110.02 созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук (125412, г. Москва, ул. Ижорская, д. 13, стр.2, jiht.ru, (495) 485-8345), утвержденного Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 11.04.2012г. № 105/нк.

Соискатель Карташева Александра Александровна 1990 года рождения, в 2013 году окончила Южный Федеральный Университет.

В 2018 году окончила очную аспирантуру Санкт-Петербургского Государственного Университета.

Диссертация выполнена на кафедре общей физики - 1 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский Государственный Университет».

Работает инженером-исследователем на кафедре общей физики - 1 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский Государственный Университет».

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор Голубовский Юрий Борисович профессор кафедры оптики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский Государственный Университет».

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук, профессор Очкин Владимир Николаевич, главный научный сотрудник отделения оптики Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Физический институт имени П. Н. Лебедева Российской академии наук», заведующий кафедрой;

доктор физико-математических наук, доцент Майоров Сергей Алексеевич, ведущий научный сотрудник теоретического отдела Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук»

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация: Федеральное Государственное Бюджетное Образовательное Учреждение Высшего Образования «Петрозаводский государственный университет» г. Петрозаводск, в своем положительном заключении составленном профессором кафедры электроники и электроэнергетики ПетрГУ, доктором физико-математических наук, доцентом Мольковым С.И. (утвержденном проректором по научной работе д.т.н. профессором Сюнёвым В.С.), указала что:

1. Получено значение заряда уединенной пылевой частицы $Z_d = 1.47 \cdot 10^4$ с учетом нелокальной кинетики электронов в стратифицированном разряде низкого давления в неоне. Проведено сравнение распределений потенциала и зарядового числа пылинки вдоль

страты, полученных с учетом нелокальной функции распределения и Максвелловской ФРЭ. Показано, к каким ошибкам может привести использование равновесной ФРЭ при расчете заряда пылевой частицы.

2. Разработан и реализован метод определения заряда уединенной пылевой частицы на основе релаксационных колебаний.

3. Исследованы линейные резонансные свойства колебательной системы страта-уединенная пылевая частица. Впервые получено значение добротности плазменно-пылевой системы, которое составило величину порядка нескольких единиц.

4. Измерены нелинейные эффекты колебаний пылинки: незехронность, резонанс на удвоенной частоте, гистерезис. Количественное описание измеренных АЧХ проведено на основе теории ангармонического осциллятора.

Основные результаты по теме диссертации изложены в 3 статьях в рецензируемых журналах, входящих в список ВАК, более 10 тезисов в сборниках трудов конференций.

Основные работы:

1. Golubovskii Y., Karasev V., Kartasheva A. // Plasma Sources Sci. Technol. 2017. Vol. 26. P. 115003.

2. Kartasheva A., Golubovskii Y., Karasev V. // IEEE Trans. Plasma Sci. 2018. Vol. 46. P. 723–726.

3. Golubovskii Y., Karasev V., Kartasheva A. // Plasma Sources Sci. Technol. 2018. Vol. 27. P. 065006.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН (главный научный сотрудник лаборатории 4.1 ИТ СО РАН, профессор каф. физики неравновесных процессов, д.ф.-м.н., Сухинин Г.И.) – отзыв положительный, с вопросами:

1. В работе использовались частицы только одного размера (заряда), $d = 4\text{мкм}$. Почему не использовались частиц с другим диаметром? Это позволило бы усилить результаты по теории колебаний.

2. Добротность рассмотренных колебаний оказалась порядка $Q \approx 5$, что свидетельствует о достаточно сильной диссипации. Уменьшение размера частиц приведет к уменьшению силы трения Эпштейна и увеличению добротности рассматриваемых колебаний.

3. Встречаются описки. Например, в формуле (2), стр.13 следует собственную частоту ω_0 возвести в квадрат: $\omega_0^2 = qE'(z_0) / M_d$.

2. Московский Государственный Университет им. Ломоносова (ведущий научный сотрудник каф. физики полимеров и кристаллов физического факультета МГУ, д.ф.-м.н., доцент Швилкин Б.Н.) - отзыв положительный, с замечаниями:

1. Некоторая незавершенность в интерпретации полученных автором резонансных кривых, в чем признается и сам автор на странице 20.

2. Не приводятся четких указаний на условия возбуждения релаксационных колебаний.

3. В тексте встречаются повторы, например, в самом начале главы четвертой и пятой автореферата.

4. Приводятся разные данные о верхнем диапазоне давлений неона 0.4 торр (стр. 12) и 0.66 торр (стр.14).

3. Объединенный институт высоких температур РАН (главный научный сотрудник лаборатории №1.2.1.1 Научно-исследовательского центра теплофизики экстремальных состояний Объединенного института высоких температур, д.ф.-м.н., Жуховицкий Д.И.) - отзыв положительный, без замечаний.

4. ГНЦ РФ Троицкий институт инновационных и термоядерных исследований (ведущий научный сотрудник Центра Теоретической физики и Вычислительной математики ГНЦ РФ ТРИНИТИ Госкорпорации «Росатом» к.ф.-м.н. Кочетов И. В.) - отзыв положительный, с замечанием:

При сравнении зависимости расчетных средних энергий электронов и их концентраций вдоль стратифицированного разряда при использовании Максвелловской локальной ФРЭЭ и полученной из численного решения нелокального уравнения Больцмана представляет еще и интерес сравнение с расчетами, полученными при использовании локального уравнения Больцмана для ФРЭЭ.

5. Ухтинский Государственный технический университет (заведующий каф. физики УГТУ д.ф.-м.н., профессор Некучаев В.О.) - отзыв положительный, с замечанием:

В работе используются прямоугольные импульсы модуляции тока, тогда как в теории ангармонического осциллятора предполагается синусоидальная модуляция.

6. Государственный Университет морского и речного флота им. адм. С.О. Макарова (профессор каф. физики ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова, д.ф.-м.н. Полищук В.А.) - отзыв положительный, без замечаний.

7. Южный Федеральный Университет (профессор физического факультета ФГАОУ ВО ЮФУ, д.ф.-м.н. Иванов И.Г.) - отзыв положительный, с замечаниями:

1. не обосновывается выбор для исследования именно R-страт, и интересно, можно ли применить выводы работы к R-стратам.

2. Известно, что аэрозольные частицы собирают на своей поверхности электроны, что увеличивает напряженность эл.поля ПС и изменяет параметры страт, поэтому интересно, чем автор объясняет выбор в качестве пылевых частиц именно меламин-формальдегида, а также, как размеры частиц могут повлиять на результаты эксперимента.

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что:

- д.ф.-м.н., профессор Очкин В.Н. является ведущим ученым в областях физико-химическая кинетики газового разряда в активных средах, классической и лазерной (линейная и нелинейная) спектроскопии неравновесной плазмы

1. Kostenko A. S., Ochkin V. N., Tskhai S. N. The influence of dust particles on the intensities of plasma emission lines //Technical Physics Letters. – 2016. – V. 42. – N. 7. – P. 743-746.
2. Bernatskiy A. V., Kochetov I. V., Ochkin V. N. Transformations of neutral particles in the discharge plasma in inert gases with water vapor and deuterium //Physics of Plasmas. – 2018. – V. 25. – N. 8. – P. 083517.;
3. Bernatskiy A. V. et al. Measurements of the number density of water molecules in plasma by using a combined spectral– probe method //Plasma Physics Reports. – 2015. – V. 41. – N. 9. – P. 705-714.

- д.ф.-м.н., профессор Майоров С.А. является признанным специалистом в области низкотемпературной и комплексной плазмы

1. Maiorov S. A. et al. Kinetic characteristics of ions in the gas discharge and on the target surface //Physics of Plasmas. – 2017. – V. 24. – N. 6. – P. 063502.
2. Kodanova S. K. et al. The Effect of Magnetic Field on Dust Dynamic in the Edge Fusion Plasma //IEEE Transactions on Plasma Science. – 2018. – V. 46. – N. 4. – P. 832-834.
3. Golyatina R. I., Maiorov S. A. Characteristics of Electron Drift in an Ar–Hg Mixture //Plasma Physics Reports. – 2018. – V. 44. – P. 453-457.

Выбор Петрозаводского государственного университета в качестве ведущей организации обусловлен тем, что ПетрГУ является многопрофильной организацией, проводящей обширные исследования низкотемпературной плазмы по таким направлениям, как нано- и микроструктуры, плазменные кристаллы, модификация в плазме. генераторы плазмы, в том числе в области материаловедения.

1. Prokhorova E. I. et al. Experimental research of the cathode region of the glow discharge in nitrogen //Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing, 2018. – V. 1058. – N. 1. – P. 012030
2. Prokhorova E. I. et al. Correlation between reversion of signs of the electric field in the near-cathode plasma and anode fall potential in a short DC glow discharge //Technical Physics. – 2017. – V. 62. – N. 7. –P. 1122-1125.

3. Мольков С. И., Савин В. Н. Механизмы зарядки пылевых частиц в плазме с учетом эмиссионных процессов //Физика плазмы. – 2017. – Т. 43. – №. 2. – С. 193-202.

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

1. Получено значение заряда уединенной пылевой частицы $Z_d = 1.47 \cdot 10^4$ с учетом нелокальной кинетики электронов в стратифицированном разряде низкого давления в неоне. Вычислены потоки ионов и электронов на поверхность пылевой частицы. Проведено сравнение распределений потенциала и зарядового числа пылинки вдоль страты, полученных с учетом нелокальной функции распределения и Максвелловской ФРЭ. Показано, к каким ошибкам может привести использование равновесной ФРЭ при расчете заряда пылевой частицы.

2. Разработан и реализован метод определения заряда уединенной пылевой частицы на основе релаксационных колебаний. Значение зарядового числа $Z_d = 1.9 \cdot 10^4$ было получено с помощью экспериментально определенных значений собственной частоты и коэффициента затухания.

3. Получены резонансные амплитудно-частотные характеристики вынужденных колебаний уединенной пылевой частицы в диапазоне давлений. Исследована зависимость вида АЧХ от формы модулирующего сигнала. Значение собственной частоты плазменно-пылевой системы было определено двумя независимыми экспериментальными методами. Первый основан на исследовании резонанса скорости, второй на измерении фазового сдвига между колебаниями пылевой частицы и вынуждающей силы. Получено значение добротности плазменно-пылевой системы составило величину порядка нескольких единиц.

4. Измерены нелинейные эффекты колебаний пылинки: незохронность, резонанс на удвоенной частоте, гистерезис. Количественное описание измеренных АЧХ проведено на основе теории ангармонического осциллятора. С помощью полученных значений коэффициентов

ангармоничности вычислена потенциальная энергия уединенной пылевой частицы в стратифицированном разряде

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- В результате проведенных исследований получены новые сведения о пылевой плазме, в частности о зарядке уединенной пылевой частицы в стратифицированном разряде низкого давления и о колебательных свойствах плазменно-пылевой системы.

- Функция распределения электронов в стратифицированном разряде, полученная на основе численного решения уравнения Больцмана, позволила оценить влияние нелокальной кинетики электронов на процесс зарядки уединенной пылевой частицы газовом разряде постоянного тока. Показано, к каким качественным и количественным ошибкам в определении ключевого параметра пылевой плазмы - заряда пылинки - может привести использование равновесной (Максвелловской) ФРЭ.

- Исследование степени диссипации плазменно-пылевой системы, проведенное с помощью амплитудно-частотных характеристик (АЧХ) вынужденных колебаний пылинки, важно для понимания процессов самоорганизации пылевой компоненты.

Значение полученных соискателем результатов **исследования для практики подтверждается** тем, что:

- Используемая низкочастотная модуляция разрядного тока является неинвазивным способом возбуждения релаксационных колебаний, лежащих в основе разработанного метода определения заряда пылинки.

- Исследование вынужденных колебаний пылевой частицы позволяет количественно охарактеризовать колебательные свойства плазменно-пылевых систем. В частности, два независимых способа определения собственной частоты системы могут быть использованы в широком диапазоне разрядных условий.

- Проведенное количественное описание нелинейных вынужденных колебаний уединенной пылевой частицы в страте показывает возможность

использования пылинок в качестве высокоточного, неинвазивного зонда для определения параметров фоновой плазмы.

- Примененный метод модуляции разрядного тока позволил на кинетическом уровне исследовать отклик плазменно-пылевой системы на изменение таких параметров как форма модулирующего сигнала, глубина модуляции. Результаты работы могут использоваться в процессе обучения студентов на курсах теории колебаний, физики плазмы и физики комплексной плазмы в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петрозаводский государственный университет».

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- результаты получены на сертифицированном оборудовании, показана воспроизводимость результатов исследования;
- расчетно-теоретические исследования построены на известных, проверяемых данных, фактах, общепризнанных законах технической термодинамики, физической химии и теплофизики. Они согласуются с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации;
- идея диссертационной работы базируется на анализе научно-технической литературы по предметной области исследования, обобщении передового опыта работы других научных групп, лабораторий и технологических компаний;
- установлено качественное совпадение авторских результатов и представлений с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике;

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии в выборе темы исследования, постановке задачи. Автором создан модулятор разрядного тока, разработаны и реализован метод измерения амплитуды колебаний уединенной пылевой частицы в стратифицированном разряде.

Экспериментальные результаты получены и проанализированы автором также самостоятельно. Написание статей и тезисов докладов на конференциях осуществлялось совместно с соавторами при определяющем вкладе автора диссертации.

Диссертационным советом сделан вывод о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, соответствует критериям пункта 9, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней № 842 от 24.09.2013г.

На заседании от 27.03.2019г. диссертационный совет принял решение присудить Карташевой А.А. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 25 человек, из них 12 докторов наук по специальности 01.04.08 – физика плазмы и 13 докторов наук по специальности 01.04.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника, участвовавших в заседании, из 31 человека, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 25, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Зам. председателя диссертационного совета Д 002.110.02

д.ф.-м.н., профессор

Андреев Н.Е.

Ученый секретарь диссертационного совета Д 002.110.02

д.ф.-м.н.

М.П.

Васильев М.М.

27.03.2019г.

