

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК**

СТЕНОГРАММА

заседания 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
(125412, г. Москва, ул. Ижорская, д. 13, стр. 2)
от 6 декабря 2023 г. (протокол № 15)

Защита диссертации Саметова Эдуарда Александровича
на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук
«Спектральная плотность случайных процессов и межчастичное взаимодействие в
комплексной плазме»
Специальность 1.3.9 – физика плазмы

СТЕНОГРАММА

заседания диссертационного совета 24.1.193.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук (125412, г. Москва, ул. Ижорская, д. 13, стр. 2).

Протокол № 15 от 6 декабря 2023 г.

Диссертационный совет 24.1.193.01 (Д 002.110.02) утвержден Приказом Министерства образования и науки РФ от 11.04.2012 г. № 105/нк в составе 31 человека. На заседании присутствуют 22 человека, из них 10 докторов наук по специальности 1.3.9 – физика плазмы и 10 докторов наук по специальности 1.3.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника. Дополнительно введены на разовую защиту 0 человек. Кворум имеется.

Председатель – председатель диссертационного совета 24.1.193.01 (Д 002.110.02) д.ф.-м.н., профессор, академик РАН, Петров Олег Федорович

Ученый секретарь – ученый секретарь диссертационного совета 24.1.193.01 (Д 002.110.02) к.ф.-м.н. Тимофеев Алексей Владимирович

1.	Петров О.Ф.	д.ф.-м.н., проф., академик РАН	1.3.9	Присутствует
2.	Андреев Н.Е.	д.ф.-м.н., проф.	1.3.9	Присутствует
3.	Храпак А.Г.	д.ф.-м.н., проф.	1.3.14	Присутствует
4.	Тимофеев А.В.	к.ф.-м.н.	1.3.9	Присутствует
5.	Агранат М.Б.	д.ф.-м.н., с.н.с.	1.3.14	Отсутствует
6.	Амиров Р.Х.	д.ф.-м.н., с.н.с.	1.3.9	Подключен
7.	Баженова Т.В.	д.ф.-м.н., проф.	1.3.9	Отсутствует
8.	Вараксин А.Ю.	чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н., проф.	1.3.14	Присутствует
9.	Васильев М.М.	д.ф.-м.н.	1.3.9	Присутствует
10.	Васильев М.Н.	д.т.н., проф.	1.3.14	Отсутствует
11.	Василяк Л.М.	д.ф.-м.н., проф.	1.3.9	Присутствует
12.	Воробьев В.С.	д.ф.-м.н., проф.	1.3.9	Отсутствует
13.	Гавриков А.В.	д.ф.-м.н., доцент	1.3.9	Отсутствует
14.	Голуб В.В.	д.ф.-м.н., проф.	1.3.14	Присутствует
15.	Грязнов В.К.	д.ф.-м.н.	1.3.14	Подключен
16.	Дьячков Л.Г.	д.ф.-м.н.	1.3.9	Присутствует
17.	Еремин А.В.	д.ф.-м.н., проф.	1.3.14	Присутствует
18.	Зейгарник Ю.А.	д.т.н., с.н.с.	1.3.14	Отсутствует
19.	Зеленер Б.Б.	д.ф.-м.н.	1.3.9	Присутствует
20.	Иосилевский И.Л.	д.ф.-м.н., проф.	1.3.9	Подключен
21.	Киверин А.Д.	д.ф.-м.н.	1.3.14	Присутствует
22.	Кириллин А.В.	д.ф.-м.н.	1.3.14	Отсутствует
23.	Лагарьков А.Н.	д.ф.-м.н., проф., академик РАН	1.3.9	Отсутствует
24.	Левашов П.Р.	д.ф.-м.н.	1.3.14	Присутствует
25.	Ломоносов И.В.	чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н., проф.	1.3.14	Отсутствует
26.	Медин С.А.	д.т.н., проф.	1.3.14	Подключен
27.	Норман Г.Э.	д.ф.-м.н., проф.	1.3.9	Подключен
28.	Пикуз С.А.	к.ф.-м.н.	1.3.9	Подключен
29.	Савватимский А.И.	д.т.н.	1.3.14	Подключен
30.	Филиппов А.В.	д.ф.-м.н., проф.	1.3.9	Присутствует
31.	Яньков Г.Г.	д.т.н., с.н.с.	1.3.14	Подключен

ПОВЕСТКА ДНЯ

На повестке дня защита диссертации младшего научного сотрудника лаборатории 17.3 – активных кулоновских систем Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук (ОИВТ РАН) Саметова Эдуарда Александровича на тему «Спектральная плотность случайных процессов и межчастичное взаимодействие в комплексной плазме». Диссертация впервые представлена на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.9 – физика плазмы. Диссертация выполнена в лаборатории 17.3 – активных кулоновских систем ОИВТ РАН (125412, г. Москва, ул. Ижорская, д. 13, стр. 2, jiht.ru).

Научный руководитель:

Лисин Евгений Александрович – к.ф.-м.н., заведующий лабораторией 17.2 – диагностики пылевой плазмы Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук, г. Москва.

Официальные оппоненты:

Игнатов Александр Михайлович – гражданин РФ, д.ф.-м.н., профессор, главный научный сотрудник Теоретического отдела Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук» (ИОФ РАН; Россия, 119333, г. Москва, ул. Вавилова, д. 38).

Павлов Сергей Иванович – гражданин РФ, к.ф.-м.н., доцент кафедры общей физики I Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет» (СПбГУ; Россия, 199034, г. Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 7-9).

Ведущая организация:

Акционерное общество «Государственный научный центр Российской Федерации Троицкий институт инновационных и термоядерных исследований» (АО "ГНЦ РФ ТРИНИТИ"; Россия, 108840, г. Москва, г. Троицк, ул. Пушкиных, вл. 12).

На заседании присутствуют официальный оппонент к.ф.-м.н. Павлов С.И., научный руководитель Саметова Э.А. к.ф.-м.н. Лисин Е.А.

СТЕНОГРАММА

Председатель

Уважаемые коллеги, начинаем защиту в нашем сегодняшнем заседании и это защита диссертации Саметова Эдуарда Александровича. Название диссертации «Спектральная плотность случайных процессов и межчастичное взаимодействие в комплексной плазме». Работа представлена на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.9 – физика плазмы. Слово предоставляется ученому секретарю. Алексей Владимирович, пожалуйста.

Ученый секретарь

(Информирует членов совета об особенностях работы в смешанном очно-дистанционном формате, зачитывает данные о соискателе по материалам личного дела и сообщает о соответствии представленных документов требованиям ВАК Министерства науки и высшего образования РФ.)

Председатель

Так, переходим к защите. Слово предоставляется Эдуарду Александровичу Саметову для изложения основных положений его диссертации, пожалуйста.

Саметов Э.А.

Выступает с докладом по диссертационной работе (выступление не стенографируется, доклад Саметова Э.А. имеется в деле).

Председатель

Спасибо, Эдуард Александрович. Я хотел бы воспользоваться своим правом ведущего и узурпировать первые два вопроса, которые хотел бы задать. Они носят скорее такой уточняющий характер для того, чтобы можно было дальше понимать ясно, о чем идет речь.

Первый у меня к названию – комплексная плазма. Вот слово «комплексная», у меня несколько ассоциаций с 80-х годов – на физтехе шутили: «Почему «комплексный»? Потому что результаты чисто мнимые». Вот здесь результаты не являются чисто мнимыми, но вот это слово, что такое комплексная плазма, я, например, не знаю. У меня достаточно большой стаж работы в области низкотемпературной плазмы и пылевой, но что такое комплексная плазма, не знаю. Знаю, что в свое время в одной из групп, работавших в институте Макса Планка под руководством профессора Морфилла, вдруг появился такой термин – «complex plasma». Кто за этим стоит, я не знаю. И чем эта «complex plasma» отличается от просто плазмы? Это один вопрос.

Второй вопрос связан с пятой главой и звучит так: заряженные частицы в постоянном магнитном и электрическом полях. Вообще-то говоря, в курсе физики, в университетах, институтах всегда есть раздел частиц в постоянном электрическом и магнитном полях. Там, правда, было слово добавлено – броуновские, но здесь тоже возникает вопрос. Если мы рассматриваем пылевые частицы, отношение заряда к массе на порядки отличается для ионов, и поэтому влияние постоянного магнитного поля в этом смысле, оно пренебрежимо мало. Там есть другие эффекты, связанные с материалом. Если этот материал является диамагнетиком, то там могут быть эффекты очень значительные. Ну, например, вот такие опыты были сделаны с левитацией частиц в сверхтекучем гелии, когда частицы из сверхпроводящего материала, эффект Мейснера работает здесь с совершенным диамагнетиком. Это так, но это эффекты несколько другого.

Поэтому у меня два вопроса. Все-таки, что такое комплексная плазма, чем она отличается от плазмы? И второе, постановка задачи, когда речь идет о движении заряженных частиц в постоянном магнитном и электрических полях.

Саметов Э.А.

Понятие комплексная плазма было выбрано, поскольку представлены результаты, значительная часть результатов, где как раз да, идет речь о пылевой плазме, но результаты, представленные в пятой главе, они имеют более широкий характер, то есть они захватывают немного пылевую плазму, но также захватывают и плазму тяжелых ионов. И поэтому было выбрано такое понятие, именно комплексная плазма, а не пылевая. А касательно именно результатов, представленных в пятой главе, да, эта работа преимущественно нацелена на изучение плазмы тяжелых ионов, а не для пыли.

Председатель

Так, пожалуйста, вопросы. Павел Ремирович, пожалуйста.

Левашов П.Р.

У меня такой вопрос. Речь идет о диагностике. Значит, вы должны исследовать измеряемые параметры, с какой точностью их можно измерять? Ну, в частности, нужна ли вам трехмерная траектория или достаточно двумерной проекции? Какие-то приборы нужно для измерения траектории? Вот по этому поводу можете что-то сказать?

Саметов Э.А.

Да, конечно, в чем прелесть данного метода, что достаточно просто видеокамеры, которая будет с достаточной точностью фиксировать движение частиц, и все. Ну и, соответственно, необходимо программное обеспечение, которое сможет проанализировать видеозаписи, построить траектории. Это единственная информация, которая необходима на вход для метода.

Левашов П.Р.

Траектория трехмерная?

Саметов Э.А.

Достаточно двухмерной. Спасибо.

Председатель

Так, вопросы, пожалуйста. Михаил Михайлович, пожалуйста.

Васильев М.М.

Эдуард, вы показали в своем докладе о том, что ионный дрег, который возникает за пылевой частицей, может приводить к тому, что частицы выстраиваются одна под другой, но, по сути, это объясняет механизм формирования цепочек. При этом вы показали, что смещение одной частицы относительно другой. Если верхняя смещается, то нижняя смещается за ней, то есть они взаимодействуют. Если нет, то нет.

Вопрос: когда вы рассматривали изменения конфигурации и вместо вертикального упорядочения у вас две частицы оказывались в горизонтальной плоскости, учитывали ли вы ионный фокус за каждой из частиц, и насколько большой вклад в их взаимодействие дает ионный фокус, возникающий за этими частицы?

Саметов Э.А.

Если рассматривать эксперименты, когда частицы занимают горизонтальное положение, в таком случае не был проведен анализ по восстановлению силы взаимодействия. Если говорить, насколько значительно влияет ионный след, то значительным образом, если классическое взаимодействие между частицами было бы отталкивающим, то здесь взаимодействие просто-напросто поменяло свой характер, то есть значительным образом

меняет взаимодействие – от отталкивания на притяжение. Я сейчас говорю про вертикальную конфигурацию. Касательно горизонтальной, там возникают некоторые сложности с движением этой пары частиц, как его анализировать. Возникают некоторые моды, которые немножко искажают картину.

Председатель

Хорошо. Пожалуйста, Алексей Юрьевич.

Вараксин А.Ю.

Очень объемные результаты и очень объемная диссертация. Мой вопрос сводится к тому, что какую роль играет в ваших исследованиях и как учитывается размер частиц, и связанная с ней масса частиц, потому что, если смотреть по тексту, у вас есть терминология: броуновские частицы, микрочастицы. А вот касательно физического размера, потому что в том же уравнении Ланжевена масса каким-то образом входит. То есть выбирался ли размер частиц, и что будет по вашим результатам, если частицы будут меньше или больше размером? Какая-то оптимизация здесь проводилась?

Саметов Э.А.

По сути, в модель, конечно, заложена масса частиц, но напрямую влияния на спектральную плотность нет, но опосредованно, конечно, это будет значительно влиять, от этого будет зависеть коэффициент трения, и соответственно, коэффициент трения уже в свою очередь будет сильно искажать, менять форму спектральной плотности. А уж классические частицы, которые используются в пылевой плазме, микронного размера, тут уже анализировали эксперименты, которые имеем. То есть экспериментов с варьированием массы частиц – такого не было, в работе не анализировались.

Председатель

Так, пожалуйста, Алексей Владимирович.

Ученый секретарь

Эдуард Александрович, спасибо большое за интересный доклад, интересные результаты. У меня небольшой уточняющий вопрос, так как исследовано много разных систем. Есть ли какие-то границы применимости? Вот, например, метод. Для каких систем можно применять, нельзя? Какие границы применимости? Ну, может быть, и по остальным результатам тоже, но, если кратко.

Саметов Э.А.

Да, конечно. Важно, чтобы система была стационарная, чтобы присутствовала линейность, то есть вот как раз первое допущение, что мы используем линеаризацию сил, то есть если будут уже проявляться нелинейные эффекты, то это будет искажать спектральную плотность, то есть проводить наш анализ нельзя. Также я представил результаты, что присутствует зависимость от трения, то есть при значительном трении уже восстановить какие-либо параметры будет затруднительно, а в некоторых случаях уже и невозможно. А если прямо как критерий, то надо наблюдать, чтобы колебания частиц относительно положения равновесия были достаточно малы в сравнении с межчастичным расстоянием.

Председатель

Так, хорошо. Еще вопросы, пожалуйста.

Амиров Р.Х.

Олег Федорович, можно вопрос?

Председатель

Да, пожалуйста.

Амиров Р.Х.

Да, я вот насчет критериев. Вы рассматриваете, так сказать, влияние всевозможных случайных процессов. Вот в явном виде критерии, наверное, на амплитуду вот этих случайных процессов у вас записываются? Ну, например, там заряд флуктуирует. Какие-то критерии есть в литературе или в вашей работе? Эти случайные процессы, амплитуда их маленькая все-таки. В явном виде критерии записываются как-нибудь?

Саметов Э.А.

Я не до конца понимаю, что вы имеете ввиду, именно критерий для случайных процессов, поскольку...

Амиров Р.Х.

У вас есть тепловые источники, вот написано в автореферате, заряд флуктуирует. Вот амплитуда этих случайных процессов, в рассмотрении вашей теории, наверное, ограничивает амплитуду этих случайных процессов. Критерии есть какие-нибудь?

Саметов Э.А.

Критерии чего?

Амиров Р.Х.

Амплитуда этих случайных процессов.

Саметов Э.А.

Она присутствует, мы ее наблюдаем.

Амиров Р.Х.

То есть в теории допускается любая амплитуда случайных процессов?

Саметов Э.А.

По сути да.

Амиров Р.Х.

Спасибо.

Председатель

Так, пожалуйста, ваш вопрос.

Колотинский Д.А.

Спасибо большое за доклад. У меня следующий вопрос. Вопрос касается метода восстановления параметров по спектральным плотностям. Вопрос заключается в следующем: как я понимаю, в вашей работе в Scientific Reports вы когда рассматриваете случайные силы, вы считаете, что они не скоррелированы между собой. А вот возвращаясь к вопросу о применимости, а что будет, если силы скоррелированы между собой, например, из-за того, что флуктуации заряда одной частицы могут быть скоррелированы с зарядом другой частицы. Почему вы считаете, что не скоррелированы случайные силы, и что будет, если они будут скоррелированы, как это повлияет на оценку параметров?

Саметов Э.А.

Спасибо. В принципе частицы сильно пространственно разделены, и поэтому предполагать зависимость, скоррелированность именно тепловых источников для двух отдельных частиц, наверное, избыточно. Но если предположить такое, то есть соответствующая аналитика разработанная, можно это учесть и пересчитать, скажем так, аналитику под такой случай. Но такой необходимости нет, поэтому этому не было уделено внимания.

Колотинский Д.А.

Там же не просто тепловые колебания, там же колебания, связанные с электрическим полем, а значит, с колебаниями заряда.

Саметов Э.А.

Но именно связать флуктуации заряда, временные флуктуации заряда нижней и верхней частицы на основании чего? Почему?

Колотинский Д.А.

Потому что нижний заряд меняется, верхний заряд меняется. Они могут повлиять друг на друга, но это просто мысль.

Саметов Э.А.

Спасибо.

Председатель

Пожалуйста, еще вопросы? Тех, кто к нам по видеоконференцсвязи подключен, есть ли там вопросы?

Если нет, тогда слово предоставляется научному руководителю, кандидату физико-математических наук Евгению Александровичу Лисину. Пожалуйста, Евгений Александрович.

Лисин Е.А.

Выступление научного руководителя не стенографируется. Положительный отзыв Лисина Е.А. имеется в деле)

Председатель

Так, есть ли вопросы к Евгению Александровичу? Так, Евгений Александрович, спасибо. Далее мы переходим к заключению организации, отзыву ведущей организации и другим поступившим в совет отзывам на автореферат. Алексей Владимирович, пожалуйста.

Ученый секретарь

Дорогие коллеги, в деле есть отзыв организации, где выполнялась работа, это Объединенный институт высоких температур Российской академии наук. Если позволите, в этом и в следующих отзывах я не буду зачитывать подробное описание самой работы, так как мы уже заслушали непосредственно ее от автора, а перейду к важным для текущего рассмотрения моментам, которые еще не были произнесены.

Заключение следующее: диссертация Эдуарда Александровича Саметова рекомендуется к защите на соискании ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.9 – физика плазмы. Подписано заключение заведующим лабораторией 17.2 – диагностики пылевой плазмы кандидатом физико-математических наук Лисиным Евгением Александровичем и заверено, утверждено.

Также в деле имеется отзыв ведущей организации. Он получен из Государственного научного центра Российской Федерации Троицкий институт инновационных и

термоядерных исследований «ТРИНИТИ» от Николая Ивановича Трушкина, начальника отдела физики неидеальной плазмы, и от директора отделения Центра теоретической физики и вычислителей математики «ТРИНИТИ» Дмитрия Владимировича Высоцкого. В отзыве ведущей организации, опять же, подробно рассматривается содержание диссертации, также есть замечания, если позволите, остановлюсь именно на них.

Первое. В диссертационной работе делается предположение, что анизотропия взаимодействия может происходить как из-за анизотропии плазмы, так и из-за асимметрии формы микрочастиц и неоднородного распределения заряда по их поверхности. Нужно отметить, что асимметрия формы микрочастиц и неоднородное распределение заряда по их поверхности сами по себе не могут приводить к анизотропии взаимодействия.

Второе замечание. По шестой задаче нужно отметить, что электромагнитное поле не бывает постоянным. Автор, наверное, имел ввиду постоянные электрическое и магнитное поля.

Третье замечание. Возник вопрос по поводу возможности восстановления потенциала сил, действующих на частицы, предложенным автором методом, который относится к некорректно поставленным задачам, что, кстати, в диссертационной работе вообще не обсуждается. Авторам обнаружено, что даже небольшие (порядка 0.1-1%) пространственной флуктуации заряда одной частицы могут привести к значительному изменению измеряемой производной межчастичной силы. Известно, что в плазме заряд частицы флуктуирует и амплитуда флуктуации примерно описывается зависимостью $(0.5|Z|)^{1/2}$ (Z – заряд частицы в элементарных зарядах), что приводит к заметным более высоким флуктуациям заряда по сравнению с вышеприведенными от 0.1% до 1%. Это, казалось бы, делает предложенный метод весьма неточным.

Четвертое замечание. Используемый автором термин «эффект разрядки» к эффекту уменьшения заряда нижней частицы кажется неудачным. Заряд нижней частицы, как и других, полностью определяется параметрами плазмы в области ее левитации, и никакой разрядки ее заряда не происходит.

Также отмечено, что научный уровень работы, безусловно, высокий, вносит большой вклад в физику плазмы. Диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует всем критериям, установленным пунктом 9 в положении о порядке присуждения ученых степеней.

А ее автор, Эдуард Александрович Саметов, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.9 – физика плазмы. Последние слова о соответствии пункту 9 положения и заслуживании присуждения ученой степени будут повторяться и в следующих отзывах, поэтому, если позволите, я их буду пропускать.

Кроме того, в диссертационный совет поступило четыре отзыва на автореферат. Буду зачитывать последовательно.

Первый отзыв поступил от профессора кафедры физики плазмы, нанотехнологии и компьютерной физики физико-технического факультета Казахского национального университета имени аль-Фараби Тлеккабула Сабитовича Рамазанова. Отзыв положительный. Есть замечания.

Первое. В работе везде в качестве результатов показаны силы или их производные, силы взаимодействия между частицами. Для более лучшего понимания физических процессов было бы хорошо привести данные по эффективным межчастичным потенциалам.

Второе замечание. При исследовании взаимодействия вертикально расположенных частиц обнаружен дополнительный эффект притяжения. Подобное свойство, как известно из литературных источников, проявляется у кильватерного потенциала. В этой связи желательно провести сравнение хотя бы на качественном уровне.

Третье замечание. Можно ли сказать что-то новое о характере экранирования полей зарядов с учетом рассмотренной в работе специфики взаимодействия частиц (невзаимность, неидентичность, колебания заряда и тому подобное)?

Замечания носят рекомендательный характер. О соответствии критериям положения о порядке присуждения тоже есть слова.

Следующий отзыв получен из Федерального исследовательского центра Институт прикладной физики Российской академии наук, это Нижний Новгород, от Михаила Евгеньевича Викторова. Отзыв положительный, замечаний нету. Считают, что Эдуард Александрович заслуживает присуждения ученой степени.

Следующий отзыв на автореферат получен от доктора физико-математических наук, профессора заведующего лабораторией номер 513 – плазменно-пылевых процессов в космических объектах Института космических исследований Российской академии наук Сергея Игоревича Попеля. Отзыв положительный, есть замечания.

Существенных неточностей найдено не было. Это, видимо, не замечание. Отмечу лишь то, что автор автореферата пишет, что пылевая (комплексная) плазма представляет собой ионизированный газ, в котором присутствуют заряженные макроскопические частицы микронных размеров. Такая формулировка не совсем точна, поскольку в пылевой плазме могут присутствовать и субмикронные частицы. Здесь еще приводится публикация по этому поводу. И даже наномасштабные частицы, также приводятся публикации. Более того, при рассмотрении плазменно-пылевых систем колец, таких планет, как Сатурн, Юпитер, Уран, Нептун, в качестве пылевых частиц оказывается возможным рассматривать и весьма крупные, например, метровые объекты. Также приводится публикация. Сделанное замечание не снижает общей значимости. Также отмечено, что автор заслуживает присуждения ученой степени.

Следующий отзыв на автореферат получен от главного научного сотрудника лаборатории 4.1 Института теплофизики имени Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук, доктора физико-математических наук, профессора Геннадия Ивановича Сухинина. Отзыв положительный, есть замечания.

Автореферат содержит ряд опечаток и неточностей.

Второе замечание. Ввиду большого количества полученных и представленных к защите результатов, текст автореферата пересыщен материалом, а некоторые параграфы диссертации описаны в автореферате поверхностно, как следствие для понимания некоторых утверждений необходимо было обращаться к тексту диссертации или к статьям соискателя. В качестве примера можно привести минимальное описание главы 5 в автореферате.

Третье замечание. Из текста автореферата непонятно, учитывалась ли сила ионного увлечения в построенной соискателем модели и какой эффект она оказывает на спектральные характеристики пылевых частиц в разрядной плазме.

На этом закончились полученные отзывы.

Председатель

Спасибо. Так, Эдуард Александрович, вам слово для ответа на замечания, пожалуйста.

Саметов Э.А.

Касательно замечаний ведущей организации, касательно первого вопроса. В диссертации разделяются понятия асимметрия и анизотропия взаимодействия. Да, я согласен, что асимметрия формы микрочастиц и неоднородное распределение заряда по поверхности не приводит к асимметрии взаимодействия, но анизотропия взаимодействия будет присутствовать, так как взаимодействие будет зависеть от ориентации частиц.

Насчет второго замечания я согласен, постарался избегать такой формулировки.

Насчет третьего вопроса, касательно некорректно поставленной задачи, да, уравнение Ланжевена является необратимым, но при этом спектральная плотность стационарной

системы, где действуют случайные процессы, является детерминированной, то есть возможно восстановление параметров по ней. Насчет пространственной флуктуации заряда, было получено в работе, что пространственные флуктуации заряда влияют только на вертикальное взаимодействие, при этом горизонтальное взаимодействие остается не искаженным, то есть не приводит к погрешности, поэтому анализ горизонтальных колебаний частиц все также работает, и с этим нет проблем. Что касается временных флуктуаций заряда, то они имеют сугубо случайный характер и будут входить в случайный процесс, будут являться составляющей теплового источника и будут приводить к повышению кинетической энергии, а не к изменению спектральной плотности в плане параметров.

Касательно эффекта разрядки, да, это неудачный термин, просто дословный перевод с английского, и также буду избегать использования этого неудачного выражения.

Отзыв Института космических исследований. Да, в работе была выбрана неточная формулировка, поскольку диссертация сконцентрирована на лабораторной газоразрядной плазме, поэтому была допущена такая неточность формулировки.

По поводу отзыва Казахского национального университета, по первому замечанию, где поставлен вопрос про потенциал. В диссертации исследовалось, по сути, взаимодействие частиц на определенном расстоянии. Чтобы что-то можно было бы сказать о потенциале, необходима другая постановка эксперимента, где можно было бы промерить производные силы взаимодействия на разных расстояниях, поэтому в рамках данной работы трудно что-то сказать о потенциале.

Насчет второго замечания, о наблюдаемом эффекте притяжения, да, именно с кильватерным потенциалом мы связываем наблюдаемое притяжение. Насчет сравнения, в диссертации были представлены результаты сравнения спектров, которые получаются при использовании модели кильватерного потенциала, и как было получено, получаемые спектры качественно похожи на наблюдаемые в эксперименте.

Касательно третьего замечания, можно ли что-то сказать о характере экранирования, то здесь, по сути, такая же ситуация, чтобы что-то сказать об экранировании, надо сравнить с потенциалом, а как я уже сказал ранее, изучить потенциал в рамках данной работы не удастся.

Отзыв Института теплофизики Сибирского отделения РАН.

Автореферат содержит ряд опечаток и неточностей. Да, согласен, были допущены опечатки. Насчет замечания о недостаточном описании некоторых результатов в рамках автореферата, да, такое присутствует, были допущены некоторые минимальные описания, действительно.

Касательно силы ионного увлечения, в автореферате ничего об этом не сказано, но в диссертации есть подраздел, где рассматривается данное влияние в случае, когда присутствует зависимость заряда нижней частицы от ее относительного положения, поскольку в данном случае сила ионного увлечения, когда она зависит от заряда частицы, она будет также осуществлять дополнительный вклад в эту искаженную производную и будет искажать взаимодействие частиц. Но при этом в случае, когда этой зависимости нет, то сила ионного увлечения непосредственно на спектральную плотность не будет оказывать влияния, а будет только участвовать в уравнении баланса сил, то есть просто менять вертикальное положение частицы. На этом все. Спасибо.

Председатель

Эдуард Александрович, спасибо. Теперь мы переходим к отзывам официальных оппонентов. Слово предоставляется Александру Михайловичу Игнатову, доктору физико-математических наук, Институт общей физики. Александр Михайлович участвует дистанционно в режиме видеоконференцсвязи. Пожалуйста.

Игнатов А.М.

Выступление оппонента не стенографируется. Положительный отзыв Игнатова А.М. имеется в деле.

Председатель:

Александр Михайлович, спасибо. Спасибо большое за, так сказать, ваш очень детальный отзыв, комментарии. Так, Эдуард Александрович, вам слово для ответа Александру Михайловичу, пожалуйста.

Саметов Э.А.

Спасибо за положительный отзыв. Касательно первого замечания, по сути, на рисунке, который я приводил ранее, где представлена зависимость погрешности восстановления от трения, здесь уже заложено влияние параметра невзаимности, поскольку для каждого значения трения на данном графике проводилась серия экспериментов с различными параметрами невзаимности. Но также в диссертации было уделено внимание тому, что при большом трении в работе предложенного метода наблюдается такая особенность, что при росте невзаимности точность восстановления взаимодействия будет расти. Что касается параметра неидеальности, то в нашей модели получается так, что с ростом невзаимности растет и неидеальность, так как будут расти производные межчастичного взаимодействия, то это будет приводить также к повышению точности их восстановления. Касательно второго замечания о недостатках и ограничениях. В первую очередь, есть условия работы метода, это стационарность системы, это линейность, то есть возможность линеаризации сил. Если практически, то практическим условием, что колебания частиц относительно положения равновесия не должны быть слишком большие, должны быть малы по сравнению с межчастичным расстоянием. Из этих условий вытекают ограничения, а в качестве непосредственно недостатка метода можно отметить сложную масштабируемость, так как уже при рассмотрении системы из 10 частиц наблюдаются сложности по получению аналитических выражений, а речь о восстановлении параметров уже становится крайне затруднительной.

Касательно выбора данного модифицированного кулоновского взаимодействия, данный потенциал имеет преимущества – это удобство и простота, системы получаются крайне устойчивые даже при большом значении параметра невзаимности, но самое главное – это то, что получаемые результаты качественно аналогичны модели ионного фокуса. На слайде приведен рисунок, где приведено сравнение как раз получаемых спектров при использовании различных потенциалов. И то, что получаемые спектры качественно аналогичны получаемым в экспериментах.

Также насчет используемого понятия задаваемая температура. Задаваемая температура в численном моделировании – это температура термостата Ланжевена. В реальном эксперименте – это температура теплового источника, то есть температура, характеризующая случайные процессы. И получается, что для одиночной частицы задаваемая температура и наблюдаемая кинетическая энергия будет одинаковой. Но в случае рассмотрения системы частиц, где присутствует нарушение симметрии взаимодействия, кинетическая энергия будет складываться из задаваемой температуры и дополнительной энергии, получаемой за счет работы невзаимных сил. Я надеюсь, что получилось ответить на замечания.

Председатель

Хорошо, спасибо, Эдуард Александрович. Так, мы переходим теперь к отзыву официального оппонента Сергея Ивановича Павлова, кандидата физико-математических наук, Санкт-Петербургский государственный университет. Сергей Иванович присутствует здесь, поэтому, пожалуйста, вам слово.

Павлов С.И.

Выступление оппонента не стенографируется. Положительный отзыв Павлова С.И. имеется в деле.

Председатель

Сергей Иванович, спасибо большое вам за подробные комментарии. Так, Эдуард Александрович, вам слово для ответа оппоненту, пожалуйста.

Саметов Э.А.

Спасибо за положительный отзыв.

Касательно замечаний, насчет среднеквадратичного отклонения. Эволюция данных параметров зависит от магнитной индукции. При этом, да, при времени, стремящемся к бесконечности, данные величины не зависят от магнитного поля. Данную особенность можно объяснить тем, что рассматривается упрощенная модель, то есть рассматривается только пылевая подсистема, и, соответственно, магнитное поле воздействует только на пылевые частицы, и поэтому нет влияния непосредственно магнитного поля на данные параметры.

Насчет сравнения с работой Мельцера. В целом, в пятой главе результаты представлены в безразмерных величинах, и, в принципе, перенести результаты на такие магнитные поля возможно. Но, однако, в данной работе результаты представлены, скажем так, немного в ином виде, и, соответственно, чтобы сравнивать непосредственно наши результаты, надо провести анализ исходных данных другим образом. Поэтому сейчас прямо что-то сказать, как-то сопоставить полученные данные невозможно.

Насчет третьего замечания про использование метода в присутствии магнитного поля. Данный вопрос в рамках диссертации не рассматривался и, соответственно, соответствующей аналитики тоже не разработано, но если говорить на будущее, то если развивать метод и для работы в магнитном поле, то будут все те же самые условия, то есть стационарность и линейность. А вот уже касательно непосредственно диапазона параметров, это уже надо рассматривать в конкретные системы. Надеюсь, что у меня получилось ответить на замечание.

Председатель

Эдуард Александрович, спасибо. Переходим теперь к дискуссии по диссертации. Кто хотел бы выступить, пожалуйста. Да, пожалуйста, Алексей Георгиевич, пожалуйста.

Храпак А.Г.

Я хотел бы начать с вопроса, который Олег Федорович задал вам по поводу комплексной плазмы. Что же это такое? Почему комплексная плазма? Вообще говоря, в нашем институте пылевой плазмой, или как мы тогда ее называли, плазмой с конденсированной дисперсной фазой, мы занимаемся уже более 50 лет. Около 50 лет. Однако возросший интерес к пылевой плазме возник четверть века назад, когда было обнаружено, что благодаря сильному взаимодействию между пылевыми частицами возможно образование сильно упорядоченных квазикристаллических структур.

И вот я теперь вспоминаю, приблизительно лет через пять после этого начавшегося бума, профессор Грегор Морфилл рассказывал, почему ему пришла мысль или потребовалось сменить название. Вместо пылевой плазмы назвать ее комплексной. Это было, с его точки зрения, может быть, полусуто. Он сказал, что ну как ты пойдешь просить субсидию на исследование, причем большую сумму, на пыль, на грязь. И они стали прикидывать, как же всё-таки назвать, и вспомнили, что есть такое тоже не очень понятное название – комплексная жидкость, «complex liquids». Ну, а почему там можно, а у нас здесь нельзя? Вот, по-моему, это главная, так сказать, причина. И Олег Федорович, конечно, это все знал, но он хотел, чтобы вы, может быть, нам продемонстрировали, в чем здесь дело.

Итак, четверть века назад начался бум с пылевой плазмой. И наш институт, благодаря вот своим предыдущим прежде всего работам оказался на переднем краю. И что важно, что до сих пор вот в этой области наш институт занимает лидирующие позиции по-прежнему. И вот сегодняшняя защита мне очень понравилась тем, что она выдерживает высокие требования, которые все эти годы в институте выдерживались по поводу этого направления. Я хочу призвать членов ученого совета поддержать эту диссертацию, а в завершение хочу сказать, что место, которое вы выбрали для защиты, по-моему, соответствует и уровню, и всему. Почему? Вот среди присутствующих членов ученого совета семеро активно работают в пылевой плазме.

Председатель

Спасибо, Алексей Георгиевич. Для справки, сегодня, пожалуй, в нашем институте работает крупнейшая группа исследовательская. Я бы только так сказал. В области активных коллоидных систем, как мы сейчас переходим, куда входит и пылевая плазма, но и есть некоторые другие наработки. К сожалению, группы профессора Морфилла, которой Алексей Георгиевич, ее как таковой уже не существует в настоящее время. Есть некоторые такие вот осколки. Кто еще хотел бы? Пожалуйста, Анатолий Васильевич.

Филиппов А.В.

Эдуард Александрович и я знакомы, многократно знакомился как член комиссии по оценке работы аспирантов, по оценке хода их деятельности, активности. Эдуард Александрович на этих комиссиях показывал себя как один из самых лучших аспирантов и всегда не получал никаких отрицательных отзывов, а только положительные, типа, защититься раньше надо, потому что публикации действительно были. Если смотреть на публикации, может сложиться впечатление, что к этому совету прислушался. В семнадцатом году две статьи, в восемнадцатом две, в девятнадцатом три, в двадцатом четыре, в двадцать первом уже только одна, в двадцать втором уже нет статьи. Но все-таки Евгений Александрович успокоил, что работа ведётся, уже накоплены материалы для следующей публикации, и поэтому я думаю, что институт получает очень хорошего специалиста, и призываю всех поддержать Эдуарда Александровича.

Председатель

Так, спасибо, Анатолий Васильевич. Кто еще хотел бы выступить? Пожалуйста.

Ученый секретарь

Дорогие коллеги, я тоже знаком с работами Эдуарда Александровича достаточно давно, стараюсь следить. Очень приятно, что работы включают в себя три важные части современной науки: как эксперимент, так моделирование, так и аналитическую теорию. И, на мой взгляд, это дает очень хорошее, ну если не начало, то базу, с которой можно расти дальше в качестве очень перспективного научного сотрудника с интересными результатами, когда вот все эти подходы используются.

Ну и сами результаты тоже крайне интересны. Они, кроме того, что дают информацию, еще открывают целый ряд вопросов, по которым можно двигаться дальше. Так что очень надеюсь, что будет продолжение. Ну и, конечно же, тоже поддержу и приглашаю поддерживать работу остальных членов диссовета.

Председатель

Так, спасибо. Так, есть ли еще желающим высказаться или картина уже достаточно ясная и полная формировалась? В режиме ВКС тоже. Ну что ж, в таком случае есть предложение перейти к следующему, делать следующий шаг, предоставить заключительное слово соискателю перед голосованием. Пожалуйста.

Саметов Э.А.

Спасибо за хорошие отзывы о моей работе. В первую очередь я хотел бы поблагодарить своего научного руководителя Лисина Евгения Александровича, благодаря которому эта работа была создана. Также хотел бы поблагодарить Ваулину Ольгу Станиславовну за неоценимую помощь в работе. Также большое спасибо коллегам, проводившим эксперименты и помогавшим в обсуждении результатов. Также большая благодарность оппонентам, ведущей организации, а также тем, кто прислал отзывы на автореферат за внимательное изучение моей работы. Спасибо.

Председатель

Спасибо, Эдуард Александрович. Переходим к голосованию. Алексей Владимирович, вы хотели бы сделать комментарий?

Ученый секретарь

Дорогие коллеги, традиционные слова, наше заседание проводится в комбинированном очно-дистанционном режиме, поэтому голосование проводится с использованием телекоммуникационных систем, то есть на сайте нашего института. Прошу всех присутствующих членов диссертационного совета, очно или дистанционно, войти под своим логином и паролем на сайт ОИВТ РАН в раздел диссовета и проголосовать. Это можно сделать либо на ваших устройствах, либо на компьютере диссовета.

(Проводится процедура тайного голосования)

Председатель

Так, уважаемые коллеги, голосование завершено, поэтому Алексей Владимирович сейчас результаты сообщит, пожалуйста.

Ученый секретарь

Дорогие коллеги, всего присутствовало на заседании 22 члена диссертационного совета, в том числе докторов наук по профилю рассматриваемой диссертации 10. Очно присутствовало 14, в том числе докторов наук по профилю рассматриваемой диссертации 7. Дистанционно присутствовало 8, в том числе докторов наук по профилю рассматриваемой диссертации 3.

Результаты голосования: получено 22 голоса, «за» – 22, «против» – 0, «недействительно» – 0.

Председатель

Так, нужно утвердить результаты. Так прошу кто «за» поднять руки. Так, спасибо. Если против, воздержавшиеся, в том числе в режиме ВКС – нет. Спасибо.

(Протокол счетной комиссии утвержден единогласно)

Теперь мы можем поздравить Эдуарда Александровича. Так, у нас еще вопрос – это обсуждение проекта заключения. Кто хотел бы здесь высказаться?

(Члены диссертационного совета обсуждают проект заключения)

Так, есть ли у кого ещё замечания? Если нет, то предложение проголосовать за проект заключения с учетом замечаний. Кто «за» прошу поднять руки. Против? Воздержавшиеся? Все за.

(Проект заключения принят единогласно)

Спасибо, на сегодняшний день всё. Поздравим еще раз.

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 06.12.2023г. № 15

О присуждении Саметову Эдуарду Александровичу, гражданину Российской Федерации ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Спектральная плотность случайных процессов и межчастичное взаимодействие в комплексной плазме» по специальности 1.3.9 – физика плазмы принята к защите 06.10.2023г. (протокол заседания № 8) 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 образования и науки Российской Федерации № 105/нк от 11.04.2012г.

Соискатель Саметов Эдуард Александрович 1995 года рождения, в 2019 году окончил Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский 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 2023 году окончил очную аспирантуру Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)».

Диссертация выполнена на кафедре физики высоких плотностей энергии Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московского физико-технического института (национальный исследовательский университет)».

Научный руководитель кандидат физико-математических наук, заведующий лабораторией № 17.2. – диагностики пылевой плазмы Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук Лисин Евгений Александрович.

Официальные оппоненты:

- доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук» Игнатов Александр Михайлович;

- кандидат физико-математических наук, доцент кафедры общей физики I Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургского государственного университета» Павлов Сергей Иванович
дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Акционерное общество «Государственный научный центр Российской Федерации Троицкий институт инновационных и термоядерных исследований» в своем положительном заключении, составленном начальником отдела физики неидеальной плазмы отделения Центр теоретической физики и вычислительной математики д.ф.-м.н. Трушкиным Н.И. (утвержденном 15.11.2023г. научным руководителем АО «ГНЦ РФ ТРИНИТИ» д.ф.-м.н., профессором Черковцем В.Е.) указала, что актуальность работы связана с тем, что глубокое понимание процессов в пылевой плазме имеет важное значение не только для развития науки о сложных открытых диссипативных системах, но и для решения ряда практических задач. При этом новый

метод, представленный в работе, не только способствует более полному научному пониманию происходящих в сложных диссипативных системах процессов, но и позволяет наглядно продемонстрировать причины самоорганизации заряженных частиц в упорядоченные структуры в комплексной плазме.

Полученные в диссертационной работе результаты могут быть использованы широким кругом специалистов, занимающихся изучением свойств систем заряженных частиц, пылевой, коллоидной плазмы. Результаты работы целесообразно использовать в Институте космических исследований РАН, Объединенном институте высоких температур РАН, Физическом институте им. П.Н. Лебедева РАН, Национальном исследовательском центре «Курчатовский институт», МГУ им. М.В. Ломоносова, АО «ГНЦ РФ ТРИНИТИ», Институте общей физики им. А.М. Прохорова РАН, Московском физико-техническом институте, Национальном исследовательском ядерном университете «МИФИ» и в других научных организациях, проводящих исследования в области физики пылевой плазмы.

Соискатель имеет 39 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях опубликовано 13 работ, 26 тезисов в сборниках трудов конференций:

1. *Sametov E.A., Timirkhanov R.A., Vaulina O.S.* Influence of thermal fluctuations on dynamics of charged particles in electromagnetic fields // *Physics of Plasmas*. 2017. Vol. 24, № 12. P. 123504.
2. *Ваулина О.С., Лусин Е.А., Саметов Э.А.* Процессы диффузии для ограниченного ансамбля заряженных частиц в постоянном магнитном поле // *ЖЭТФ*. 2017. Т. 152, № 5. С. 1144–1151.
3. *Ваулина О.С., Саметов Э.А.* Спектральные и структурные характеристики для кластерных систем заряженных броуновских частиц // *ЖЭТФ*. 2018. Т. 154, № 2(8). С. 407–414.
4. *Vaulina O.S., Lisin E.A., Sametov E.A., Timirkhanov R.A.* Thermal Motion of Charged Particles in Confined Ensemble under Constant Electromagnetic Field // *Plasma and Fusion Research*. 2018. Vol. 13, P. 1406125–1406125.
5. *Ваулина О.С., Саметов Э.А.* Влияние магнитного поля на спектральные характеристики теплового движения заряженных частиц в изотропной ловушке // *Физ. плазмы*. 2019. Т. 45, № 3. С. 258–267.
6. *Ваулина О.С., Саметов Э.А.* Влияние магнитного поля на динамику движения заряженных частиц в кластерных системах // *ЖЭТФ*. 2019. № 5. С. 947–955.
7. *Саметов Э.А., Лусин Е.А., Ваулина О.С.* Колебания диссипативной системы двух невязанно связанных осцилляторов при воздействии случайных сил // *Вестник ОИВТ РАН*. 2019. Т. 2, № 1. С. 33–35.
8. *Саметов Э.А., Лусин Е.А., Ваулина О.С.* Спектральные характеристики стохастического движения в системе из двух взаимодействующих частиц // *ЖЭТФ*. 2020. Т. 157, № 3. С. 552–560.
9. *Ваулина О.С., Саметов Э.А., Лусин Е.А.* Спектральные характеристики заряженных частиц в ограниченных цепочечных структурах // *ЖЭТФ*. 2020. Т. 158, № 2(8). С. 399–412.
10. *Lisin E.A., Petrov O.F., Sametov E.A., Vaulina O.S., Statsenko K.B., Vasiliev M.M., Carmona-Reyes J., Hyde T.W.* Experimental study of the nonreciprocal effective interactions between microparticles in an anisotropic plasma // *Sci. Rep.* 2020. Vol. 10, № 1. P. 13653.
11. *Ваулина О.С., Саметов Э.А., Лусин Е.А., Лусина И.И.* Спектральные характеристики для малоразмерных квазидвумерных кластеров // *Физ. плазмы*. 2020. Т. 46, № 12. С. 1125–1134.
12. *Lisin E.A., Kononov E.A., Sametov E.A., Vasiliev M.M., Petrov O.F.* Alignments of a Microparticle Pair in a Glow Discharge // *Molecules*. 2021. Vol. 26, № 24. P. 7535.
13. *Саметов Э.А., Лусин Е.А., Ваулина О.С.* Спектры колебаний броуновских частиц в ловушке с эффективным нарушением симметрии межчастичного взаимодействия // *Физ.*

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт космических исследований Российской академии наук (заведующий лабораторией № 513 – плазменно-пылевых процессов в космических объектах д.ф.-м.н., профессор Попель С.И.) – отзыв положительный, с замечанием:

- автор автореферата пишет: «пылевая (комплексная) плазма представляет собой ионизированный газ, в котором присутствуют заряженные макроскопические частицы микронных размеров». Такая формулировка не совсем точна, поскольку в пылевой плазме могут присутствовать и субмикронные частицы (см., например, Q.-Z. Luo, N. D'Angelo, and R. L. Merlino, Phys. Plasmas 6, 3455 (1999)) и даже наномасштабные частицы (см., например, S. I. Popel, A. P. Golub', L. M. Zelenyi, and A. Yu. Dubinskii, Planet. Space Sci. 156, 71 (2018)). Более того, при рассмотрении плазменно-пылевых систем колец таких планет, как Сатурн, Юпитер, Уран, Нептун в качестве «пылевых частиц» оказывается возможным рассматривать весьма крупные (например, метровые) объекты (см. В. Н. Цытович, УФН 167, 57 (1997)).

2. Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный университет имени Аль-Фараби» (профессор кафедры физики плазмы, нанотехнологии и компьютерной физики физико-технического факультета академик НАН РК, д.ф.-м.н., профессор Рамазанов Т.С.) – отзыв положительный, с замечаниями:

- в работе везде в качестве результатов показаны силы (или их производные) взаимодействия между частицами. Для более лучшего понимания физических процессов, было бы хорошо привести данные по самим эффективным межчастичным потенциалам.

- при исследовании взаимодействия вертикально расположенных частиц обнаружен дополнительный эффект притяжения. Подобное свойство, как известно из литературных источников, проявляется и у «кильватерного» потенциала. В этой связи, желательно провести сравнение, хотя бы на качественном уровне.

- можно ли сказать что-то новое о характере экранирования полей зарядов с учетом рассмотренной в работе специфики взаимодействия частиц (невзаимность, неидентичность, колебание заряда и т.п.)?

3. Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук» (старший научный сотрудник отдела № 120 – физики плазмы к.ф.-м.н. Викторов М.Е.) – отзыв положительный, без замечаний.

4. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского Отделения Российской академии наук (главный научный сотрудник лаборатории № 4.1 д.ф.-м.н., профессор Сухинин Г.И.) – отзыв положительный, с замечаниями:

- автореферат содержит ряд опечаток и неточностей.

- ввиду большого количества полученных и представленных к защите результатов, текст Автореферата пересыщен материалом, а некоторые параграфы диссертации описаны в Автореферате поверхностно. Как следствие, для понимания некоторых утверждений необходимо было обращаться к тексту диссертации или к статьям соискателя. В качестве примера можно привести минимальное описание Главы V в Автореферате.

- из текста Автореферата непонятно, учитывалась ли сила ионного увлечения в построенной соискателем модели, и какой эффект она оказывает на спектральные характеристики пылевых частиц в разрядной плазме?

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается:

- д.ф.-м.н., профессор Игнатов А.М. является признанным специалистом в области физики плазмы, в том числе динамики пылевой плазмы.

1. Игнатов А.М. Коллективная сила ионного увлечения // Физика плазмы. – 2019. – Т. 45. – №. 9. – С. 825-830.
2. Игнатов А.М. Устойчивость линейного плазменного кристалла // Физика плазмы. – 2020. – Т. 46. – №. 3. – С. 213-218.
3. Игнатов А. М. Нелинейная динамика линейной цепочки пылевых частиц // Физика плазмы. – 2020. – Т. 46. – №. 9. – С. 847-853.

- к.ф.-м.н. Павлов Сергей Иванович является ведущим ученым в области физики пылевой плазмы, известен исследованиями плазменно-пылевых структур в магнитном поле.

1. Карасев В.Ю., Дзлиева Е.С., Павлов С.И., Новиков Л.А., Машек И.Ч. Регистрация собственного вращения пылевых частиц в условиях ВЧ разряда индукционного типа // Журнал технической физики. – 2019. – Т. 89. – №. 1. – С. 50.
2. Karasev V.Y., Dzlieva E.S., Pavlov S.I., Matvievskaia O.V., Polischuk V.A., Ermolenko M.A., Eikhval'd A.I., Gorbenko A.P. Surface modification of melamine formaldehyde resin particles in a stratified glow discharge in neon // Contributions to Plasma Physics. – 2019. – Т. 59. – №. 4-5. – С. e201800145.
3. Pavlov S.I., Dzlieva E.S., Ermolenko M.A., Novikov L.A., Karasev V.Y. The influence of magnetic field on the geometrical dimensions of dusty structure in striations // Journal of Physics: Conference Series. – 2020. – Т. 1556. – №. 1. – С. 012081.

- Акционерное общество «Государственный научный центр Российской Федерации Троицкий институт инновационных и термоядерных исследований» является профильной организацией, специализирующейся на проведении исследований в области физики плазмы, включая физику пылевой плазмы. АО "ГНЦ РФ ТРИНИТИ" является известным в России и за рубежом своими результатами и достижениями центром научных исследований в области управляемого термоядерного синтеза, физики плазмы, лазерной физики и техники. Результаты проводимых там исследований обладают высокой степенью новизны, крайне актуальны и имеют обширную сферу применения.

1. Synek P., Akishev Yu.S., Petryakov A.V., Trushkin N.I., Vorac J., Hoder T. Electrical analysis and ultra-fast sequential imaging of surface barrier discharge with streamer-leader sequence generated with 100 kHz frequency at the water interface // Plasma Sources Science and Technology. – 2019. – Т. 28. – №. 9. – С. 095018.
3. Akishev Yu.S., Balakirev A.A., Grushin M.E., Karalnik V.B., Medvedev M.A., Petryakov A.V., Trushkin N.I. Pin-to-plane self-pulsing discharge in transversal airflow: interaction with a substrate of plasma filaments blown out from the discharge zone // Plasma Sources Science and Technology. – 2020. – Т. 29. – №. 4. – С. 045012.
3. Akishev Y.S., Balakirev A.A., Medvedev M.A., Petryakov A.V., Trushkin N.I. Effect of the speed of the flat substrate movement on the air plasma jet transversal spreading at its impinging the surface // Journal of Physics: Conference Series. – 2020. – Т. 1588. – №. 1. – С. 012042.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

– получены аналитические выражения для спектральной плотности случайных процессов, происходящих в обобщенной системе связанных гармонических осцилляторов, в том числе и с учетом нарушения симметрии их взаимодействия;

– предложен новый метод бесконтактной диагностики параметров плазменно-пылевой системы, основанный на анализе спектральной плотности случайных процессов;

– получены результаты экспериментального исследования нарушения симметрии эффективного взаимодействия между микрочастицами, левитирующими в приэлектродном слое высокочастотного газового разряда емкостного типа при различных давлениях буферного газа и мощностях разряда;

– проведена экспериментальная проверка критериев конфигурационной устойчивости системы из двух пылевых частиц в условиях тлеющего разряда постоянного тока;

– получены новые данные о влиянии магнитного поля на спектральные, структурные и транспортные характеристики заряженных броуновских частиц в электрических полях различной конфигурации.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

– проведен количественный анализ внешнего удерживающего поля и взаимодействия между пылевыми частицами, образующими цепочечные системы в приэлектродном слое ВЧ разряда и в страте разряда постоянного тока;

– были определены производные удельных внешних и межчастичных сил;

– зарегистрировано значительное нарушение симметрии эффективного взаимодействия между частицами.

Значение полученных соискателем результатов **исследования для практики заключается** в возможности использования предложенной методики восстановления параметров системы специалистами, занимающимися изучением физических свойств пылевой плазмы. Методика применима для систем, состоящих из разноразмерных частиц, имеющих различные размеры, заряды и кинетические температуры, и с любым типом межчастичного взаимодействия. Описанная методика диагностики также применима для анализа широкого круга дисперсных систем различной природы, в которых возможно экспериментальное измерение спектральной плотности случайных процессов (коллоидные суспензии, биомакромолекулы в растворах).

Полученные в диссертационной работе результаты могут быть использованы широким кругом специалистов, занимающихся изучением свойств систем заряженных частиц, пылевой, коллоидной плазмы. Результаты работы целесообразно использовать в Институте космических исследований РАН, Объединенном институте высоких температур РАН, Физическом институте им. П.Н. Лебедева РАН, Национальном исследовательском центре «Курчатовский институт», МГУ им. М.В. Ломоносова, АО «ГНЦ РФ ТРИНИТИ», Институте общей физики им. А.М. Прохорова РАН, Московском физико-техническом институте, Национальном исследовательском ядерном университете «МИФИ» и в других научных организациях, проводящих исследования в области физики пылевой плазмы.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что достоверность полученных аналитических выражений для спектральной плотности случайных процессов, происходящих в обобщенной системе связанных гармонических осцилляторов, подтверждается их хорошим согласием с результатами численного моделирования и экспериментами с пылевыми частицами, левитирующими в газовых разрядах. Анализируемые экспериментальные данные были получены с использованием современных экспериментальных средств и методов обработки данных, что позволило обеспечить воспроизводимость результатов. Достоверность результатов анализа экспериментальных данных подтверждается согласием полученных коэффициентов трения и относительных зарядов частиц с литературными данными.

Личный вклад соискателя состоит в развитии конкретных направлений в рамках обозначенной тематики работы. Содержание диссертации и основные положения, выносимые на защиту, отражают персональный вклад автора в опубликованные работы. Подготовка полученных результатов к публикации проводилась совместно с соавторами, причем вклад диссертанта был определяющим. Все представленные в диссертации результаты получены автором лично.

Апробация результатов исследования проводилась на 18 российских и международных конференциях и симпозиумах.

В ходе защиты диссертации критические замечания высказаны не были.

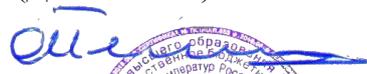
Соискатель Саметов Эдуард Александрович ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы, согласился с замечаниями и привел собственную аргументацию.

На заседании от 06.12.2023г. диссертационный совет принял решение: за решение научной задачи, имеющей значение для развития соответствующей отрасли знаний, либо

новые научно обоснованные технические, технологические или иные решения и разработки, имеющие существенное значение для развития страны присудить Саметову Эдуарду Александровичу ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.9 – физика плазмы.

При проведении тайного голосования Диссертационный совет 24.1.193.01 (Д 002.110.02) в количестве 22 человек, из них очно: 7 докторов наук по специальности 1.3.9 – физика плазмы и 6 докторов наук по специальности 1.3.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника, дистанционно: 3 доктора наук по специальности 1.3.9 – физика плазмы и 4 доктора 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 22, против 0, недействительных бюллетеней - 0.

Председатель диссертационного совета 24.1.193.01 (Д 002.110.02)
академик РАН, д.ф.-м.н., профессор

 Петров О.Ф.

Ученый секретарь диссертационного совета 24.1.193.01 (Д 002.110.02)
к.ф.-м.н.

 Тимофеев А.В.
06.12.2023г.

