

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертационную работу Кононова Евгения Александровича
«АКТИВНОЕ БРОУНОВСКОЕ ДВИЖЕНИЕ
СИЛЬНОВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИХ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ В
ГАЗОРАЗРЯДНОЙ ПЛАЗМЕ»

на соискание ученой степени кандидата физико-
математических наук по специальности

1.3.9 – физика плазмы

Способ воздействия на пылевую плазму посредством облучения лазерным лучом является инвазивным воздействием на плазму. Первоначально при исследовании фазовых переходов в такой системе использовались изменение вкладываемой мощности, изменение скорости диссипации (посредством изменения давления плазмформирующего газа), а также наложение магнитного поля, приводящее к неоднородным сдвигам. С появлением подхода, использующего излучение лазера, ряд решаемых задач показал убедительные достижения, касающиеся именно пылевой компоненты, поскольку на собственно плазму лазерное излучение в условиях проводимых экспериментов не действует.

Новое развитие применения такого мягкого воздействия получено при использовании частиц со специальным покрытием, способным более эффективно взаимодействовать с излучением лазера. Исследование броуновской диффузии частиц, способных преобразовывать лазерный свет в направленное движение очень интересно с точки зрения изучения открытых неравновесных диссипативных систем. Пылевая плазма с активными частицами сегодня является *актуальной* тематикой, поскольку представляет собой достаточно простую и наглядную, но универсальную междисциплинарную модель для изучения неравновесных диссипативных систем, способных к процессу самоорганизации.

Структура диссертации следующая.

Во **Введении** описан изучаемый объект, сформулирован выбор последовательных задач для решения поднятой в диссертации проблемы. Сформулирована цель работы, описана актуальность тематики и поставлена задача. Указаны научная новизна и значимость работы. Сформулированы защищаемые научные положения. Описана апробация работы и приведен список публикаций автора, его личный вклад. Сама диссертация состоит из Введения, 3 Глав и Заключения, она изложена на 106 страницах, содержит 34 рисунка, 3 таблицы и список литературы, включающий 153 наименования.

В **Главе 1** рассмотрено понятие активного броуновского движения и способ его описания. Также рассмотрены виды активных частиц и механизмы индуцирования активного движения. Отдельно рассмотрены основные объекты исследования – пылевая плазма и макрочастицы. Акцент ставится на процессы самоорганизации плазменно-пылевых структур из активных макрочастиц. Также приводятся примеры изменения свойств макрочастиц при экспозиции в плазме.

Глава 2 посвящена изучению модификации макрочастиц в плазме высокочастотного разряда и динамических и структурных характеристик плазменно-пылевых систем таких частиц при внешнем воздействии. Автор выяснял влияние плазмы на свойства поверхности макрочастиц и их движение в монослое при воздействии лазерного излучения. Приведено описание конфигураций установок, средств диагностики и условий для проведения экспериментальных работ, представлены иллюстрации. В

первой части главы приводятся экспериментальные данные, их анализ и выводы о формировании металлического покрытия у макрочастиц, выдержанных в объеме плазмы и на электродах. Описаны состав и структура поверхности пылевых частиц в зависимости от времени выдержки в плазме.

Глава 3 посвящена изучению самоорганизации структур активных броуновских частиц в тлеющем разряде постоянного тока при различных температурах буферного газа. Автор выяснял особенности структурных переходов в пылевых системах, сформированных в различных условиях. Приведено описание конфигураций установок, средств диагностики и условий для проведения экспериментальных работ, для криогенного эксперимента представлены иллюстрации. В первой части главы приводятся экспериментальные данные, их анализ и выводы о структурных переходах в цепочечной системе активных броуновских частиц в результате внешнего воздействия. Здесь для характеристики состояния цепочечной структуры и движения макрочастиц в ней автор использует «динамическую энтропию», характеризующую время и масштаб ухода частиц от ее начального положения в структуре. Описаны такие характеристики как траектории, среднее квадратичное и линейное смещения и динамической энтропии для каждой макрочастицы в цепочечной структуре. Сделан вывод, что пылевые частицы меняют локализацию и активность при изменении интенсивности лазерного излучения, приводя к структурному переходу с обменом фрагментами цепочек. Отмечается, что изменение динамики движения частиц и структурный переход с обменом фрагментами цепочек внутри структуры стали возможны благодаря механизму преобразования энергии оптического излучения в энергию движения частиц, то есть активности частиц.

По диссертации возникли вопросы.

1. Изменяется ли размер частиц? Какова зависимость размера при различных временах выдержки в объеме плазмы?

2. Касательно рисунка 2.12 на стр 58. Если парная функция на рисунке связана со структурой из рисунком 2.8, то видно несоответствие. Гексагональной структуре однозначно соответствует второй пик при 1.7 межчастичного расстояния, тут имеется пик на двойном расстоянии. Но из рисунка 2.12 при минимальных мощностях этот масштаб не выдерживается. Возможно ли, что ось координат имеет не верный масштаб? По разметке на оси и разметке на «клеточках», которые нанесены не на плоскую поверхность сделать сравнение сложно.

3. Целый ряд вопросов по Главе 3. Касательно описания эксперимента с криостатом: «Шахта криостата» и «рабочий канал криостата» на 74 стр. – это один объект? Оценка размера собранных частиц: Z_d – «эффективное значение заряда» с.79. - требует пояснения. Ионы с энергией в 100 эВ названы «низкоэнергетическими», но вероятно, для эксперимента это большие значения?

Вообще, по Главе 3 есть замечания, связанные с оформлением: опечатки, запятые, сбой рисунков и подписи на стр. 77-78 и др. Кажется, что последняя часть работы писалась в спешке.


Помимо вопросов и замечаний хочу выделить сильные стороны работы.

Уникальность результатов с криогенной пылевой плазмой, в частности, при температуре ниже 4 К. Количественное исследование модификации в разряде исходных полимерных и напыленных частиц. Исследование состояния частиц в структуре из пылевых цепочек с помощью метода динамической энтропии. Получение в эксперименте по термину автора «мультимодальной» пылевой плазмы при низких температурах, сформированной из инжектированной и распыленной компоненты.

Нужно сказать, что работа высокого уровня по применяемым методам, использованию уникального оборудования, и по полученному набору экспериментальных эффектов.

Результаты работы могут быть использованы в ряде организаций: институте Общей физики им. А.М. Прохорова, МГУ им. М.В. Ломоносова, Институте прикладной

В заключении отзыва скажу, что сделанные замечания не портят позитивной картины полученных результатов. Рецензируемая диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует всем критериям, установленным п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней № 842 от 24.09.2013 г. (ред. 07.06.2021 г.), а ее автор Кононов Евгений Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.9 — физика плазмы.



В.Ю. Карасев

Адрес: 199034, г. Санкт-Петербург, Университетская набережная, 7-9
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования «Санкт-Петербургский государственный университет»
<http://www.spbu.ru>
E-mail: v.karasev@spbu.ru
Тел.: (812) 428-44-66



06.12.2022

Текст документа размещен
в открытом доступе
на сайте СПбГУ по адресу
<http://spbu.ru/science/expert.htm>

Документ подготовлен
в порядке исполнения
трудовых обязанностей