

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертационную работу Карташевой Александры Александровны

«Колебательные свойства плазменно-пылевой системы в стратифицированном разряде»
на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности
01.04.08 – физика плазмы.

Диссертационная работа Карташевой А.А. посвящена вопросам теоретического и экспериментального характера, связанным с колебательными свойствами уединенной пылевой частицы, удерживаемой потенциальным полем стоячей страты.

Во введении обоснована актуальность выбранной темы диссертации, сформулирована цель работы, приведены основные положения, выносимые на защиту, показана научная новизна и практическая ценность работы, указан объект и метод исследования, отмечен личный вклад автора.

В первой главе представлен обзор литературы по теме диссертации. В обзоре приведено описание особенностей формирования функции распределения электронов в стратифицированном разряде низкого давления и рассмотрен кинетический подход для описания процесса зарядки пылевых частиц, как в приближении ограниченного орбитального движения, так и в случае слабоионизированной плазмы. Рассмотрены эффекты, связанные с взаимным влиянием пылевых частиц и плазмы тлеющего разряда. Отдельно рассмотрены вопросы, связанные с изучением колебательного движения пылинок. Также обсуждены работы по экспериментальным методам определения заряда пылевых частиц в различных типах разряда.

Во второй главе предложен теоретический метод расчета заряда уединенной пылевой частицы с учетом нелокальной кинетики электронов в стратифицированном разряде. Рассчитана нелокальная функция распределения электронов по энергии в стратифицированном разряде в неоне при низких давлениях газа. Проведено сравнение вычисленной функции распределения с максвелловской и проведено исследование влияния вида функции распределения на распределение концентрации электронов вдоль страты. Рассчитаны плотности электронного и ионного потоков на пылинку в зависимости от положения пылинки вдоль страты с учетом изменения ее потенциала. Рассчитано распределение потенциала и заряда пылинки вдоль страты для нелокальной и максвелловской функций распределения. Показано, к каким ошибкам в определении заряда может привести использование равновесной функции распределения.

В третьей главе описана экспериментальная установка, созданная, при участии соискателя, для исследования колебательных свойств плазменно-пылевой системы. Также в этой главе рассмотрен экспериментальный метод расчета заряда уединенной пылевой частицы в страте, предложенный соискателем. Основу метода оставило исследование затухающих колебаний уединенной пылевой частицы, обусловленных модуляцией разрядного тока импульсами с коротким фронтом. Релаксационные колебания пылинки в страте измерены в диапазоне давлений $p=0.06-0.38$ торр и на основе экспериментально определенного значений собственной частоты пылинки вычислен ее заряд.

В четвертой главе исследованы линейные вынужденные колебания уединенной пылевой частицы, обусловленные модуляцией разрядного тока с частотой 1-30 Гц,

приведены результаты измерений характеристик вынужденных колебаний пылинки в зависимости от давления газа, для двух значений давления из исследуемого диапазона обнаружены резонансные максимумы на частоте, близкой к собственной частоте системы, и на частотах, кратных ей. Количественное описание вынужденных колебаний пылинки было проведено на основе модели гармонического осциллятора. Получены значения колебательных характеристик плазменно-пылевой системы: собственной частоты, резонансной частоты, коэффициента затухания и амплитуды в резонансе. Установлено, что полученные резонансы на субгармониках являются откликом плазменно-пылевой системы на каждую компоненту в разложении в ряд Фурье прямоугольного импульса. Двумя независимыми методами получено значение собственной частоты плазменно-пылевой системы. Получено значение добротности плазменно-пылевой системы, имеющей порядок нескольких единиц, что говорит о большой степени диссипации системы.

В пятой главе приводятся результаты исследования вынужденных колебаний уединенной пылинки, обусловленных модуляцией разрядного тока с частотой 1-50 Гц. Для двух давлений измерены АЧХ колебаний пылинки при давлениях в зависимости от глубины модуляции разрядного тока. Обнаружены ангармонические эффекты: неизохронность, появление резонанса параметрического типа на удвоенной частоте, гистерезис. Количественное описание вынужденных колебаний пылинки проведено на основе теории ангармонического осциллятора. Определены пороговые и критические значения амплитуды вынуждающей силы для появления резонанса на удвоенной частоте и гистерезиса и соответствующие им критические и пороговые значения глубины модуляции тока, рассчитана форма потенциальной ямы, в которой пылинка совершает колебания. На основе исследования ангармонических колебаний уединенной пылевой частицы восстановлен профиль поля вблизи положения равновесия пылинки.

В заключении сформулированы основные результаты работы.

Актуальность настоящей работы обуславливается активным развитием исследований в комплексной плазме, которая за последние 25 лет изучения выделилась не только в отдельный тип плазмы, но и превратилась в междисциплинарную область исследований. Для создания упорядоченных структур часто используют разряд постоянного тока, в котором при достаточно низких давлениях функция распределения электронов (ФРЭ), сильно отличающаяся от равновесной. Учет нелокальной кинетики электронов в стратифицированном разряде при расчете реальной ФРЭ позволит точно определить значение ключевого параметра пылевой плазмы - заряда пылевой частицы.

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем. Предложены теоретический и экспериментальный методы расчета заряда уединенной пылевой частицы в стратифицированном разряде. Впервые рассчитан заряд уединенной пылевой частицы в стартах Р-типа при низких давлениях неона с учетом нелокальной кинетики электронов. Впервые метод модуляции разрядного тока был использован для исследования колебательных свойств уединенной пылевой частицы в страте. Впервые проведены исследования резонансных эффектов линейных вынужденных колебаний уединенной пылевой частицы в стратифицированном разряде, обнаружены нелинейные эффекты колебаний пылинки: неизохронность, резонанс на удвоенной частоте, гистерезис.

Практическая значимость работы определяется тем, что результаты работы могут использоваться в процессе обучения студентов на курсах теории колебаний, физики плазмы и физики комплексной плазмы в Федеральном государственном бюджетном

