

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертационную работу Трухачева Федора Михайловича

"Взаимодействие солитонов акустического типа с заряженными частицами в плазме", представленную на соискание учёной степени

доктора физико-математических наук

по специальности 1.3.9 – физика плазмы

Диссертация Трухачева Ф.М. посвящена теоретическому исследованию процессов взаимодействия плазменных солитонов акустического типа с заряженными частицами плазмы. Основное внимание уделено изучению электрических токов, индуцируемых солитонами в плазме и анализу процессов переноса заряженных частиц солитонами акустического типа. Решаемые задачи имели одномерную геометрию, рассмотрены как консервативный, так и диссипативный случаи.

Несмотря на огромное количество научных работ и многолетнюю историю исследований, теория плазменных волн и неустойчивостей еще далека до своего завершения. Таким образом, тематика диссертации, связанная с развитием теории нелинейных плазменных волн является *актуальной*.

Структура диссертации. Диссертация состоит из следующих разделов: Введения, четырех Глав и Заключения. Общий объем работы составляет 240 страниц, включает 4 таблицы и 66 рисунков. Список литературы содержит 311 русских и иностранных источников.

Введение содержит краткий литературный обзор по теме работы, обоснование ее актуальности, в нем описана научная новизна, фундаментальная и прикладная значимости работы. Также во введении сформулированы цели, задачи диссертационной работы, представлены защищаемые положения. Описаны личный вклад автора и апробация работы.

Первая Глава диссертации является методической. Часть описанных методов являются новыми или представляют собой существенное развитие уже известных теоретических подходов, что отражено в некоторых положениях вынесенных на защиту. Большинство применяемых автором методов являются гидродинамическими. Также

использовались одночастичное приближение, метод Рунге-Кутта, эргодическая гипотеза, уравнение Кортевега-Де Вриза, методы линеаризации. Среди новых подходов стоит выделить бесконтактный метод оценки радиуса Дебая в пылевой плазме. К новым результатам относится предсказание существования ультрамедленных пыле-акустических солитонов.

Во *второй Главе* представлен результаты взаимодействия заряженных частиц с классическими (консервативными) солитонами. Среди результатов можно выделить следующие: теоретически описано свойство ионно-звуковых солитонов, которое состоит в одностороннем переносе (сдвиге на несколько радиусов Дебая) фоновых ионов электрическим полем уединенной волны; раскрыт физический механизм открытого явления, показано, что переносом нельзя пренебрегать для солитонов любой (даже малой) амплитуды; проведено сравнение свойств солитонного переноса и дрейфового волнового явления, известного под название дрейф Стокса; рассчитаны плазменные токи, связанные с указанным явлением, показано, что они могут оказывать влияние на динамику космической плазмы, получены оценки необходимого пространственно-временного разрешения приборов для их регистрации; рассчитаны функции распределения по скоростям и энергиям в для заряженных частиц в плазме населенной солитонами (для случая холодных ионов). Рассмотрен практически важный случай движения ансамбля солитонов. Проведено обобщение полученных результатов на КдВ солитоны различных типов.

Третья Глава посвящена анализу процессов взаимодействия диссипативных солитонов с заряженными частицами плазмы. Детально рассмотрены пыле-акустические солитоны. В термодинамически открытых системах волновые процессы являются одной из форм самоорганизации. Рассчитаны основные параметры движения заряженных частиц в окрестности слабодиссипативных плоских пыле-акустических солитонов.

Рассчитан такой важный термодинамический параметр системы как мощность тепловыделения в окрестности диссипативного солитона. Открыт и проанализирован новый колебательный процесс, индуцируемый диссипативным пыле-акустическим солитоном.

Описание экспериментов на основе полученных теоретических результатов представлено в *четвертой Главе* диссертации. Проведена интерпретация экспериментальных данных по исследованию пыле-акустических волн и солитонов в пылевой разрядной плазме. Важно отметить, что часть экспериментов, описанных в работе, проведена в криогенных условиях. Новые теоретические модели и методы использовались для диагностики плазменных параметров, объяснения наблюдаемых явлений и подтверждения предсказанных эффектов.

Заключение содержит выводы работы, которые легли в основу положений выносимых на защиту.

Основные результаты диссертации заключаются в следующем: открыто и проанализировано новое свойство плазменных акустических солитонов, которое состоит в одностороннем перемещении заряженных частиц плазмы, раскрыт механизм явления; сформулировано понятие "солитонные токи", которое описывает плазменные токи, индуцированные солитонами акустического типа; проведен детальный анализ солитонных токов, показано, что они имеют импульсный характер, и имеют постоянную составляющую для случая группы последовательно движущихся солитонов; детально исследовано влияние диссипативных сил на динамику заряженных частиц в окрестности диссипативных пыле-акустических солитонов; открыт новый колебательный процесс в плазме, связанный с движением диссипативных пыле-акустических солитонов; развит гидродинамический метод анализа пыле-акустических волн, учитывающий самосогласованность заряда пыли и содержащий только элементарные функции; представлен новый метод оценки радиуса Дебая в пылевой плазме; приведены примеры интерпретации экспериментальных данных, сформулированы требования к пространственно-временному разрешению для анализа солитонных токов в космической плазме.

Научная новизна работы подтверждается публикациями автора в ведущих российских и международных научных журналах (Physical Review Letter, Physical Review E, Physics of Plasmas, New Journal of Physics и др.).

По материалам диссертации опубликовано 25 статей в рецензируемых журналах (23 из перечня ВАК). Результаты представлены на 35 российских и международных конференциях.

Личный вклад автора не вызывает сомнений: постановка задач, аналитические расчеты и анализ экспериментальных данных проведены им лично, или под его руководством.

Диссертация представляет собой законченную научную работу, несомненно, представляющую интерес. Хочу заметить, что автор очень логично не проводил литературного обзора, но раскрывал в каждой главе суть используемых физических и расчетных методов.

Но текст диссертации, на мой взгляд, не лишен недостатков. Первая группа из них связана с написанием текста. Тут «авторские» знаки и структура ряда предложений

необъяснимы, а также некоторое «авторское» использование стандартной терминологии. Ко второй группе можно отнести отсутствие детализации пылевых частиц при описании задач с пылевой компонентой.

По диссертации возникли следующие **вопросы**:

1. В Главах 1-3 развиваются модели солитонов и изучается их влияние на заряженные частицы, в том числе, на пылевые. В целом, ни размеры, ни параметры, ни условия для пылинок не определены строго детально. Существуют ли ограничения на размеры, заряды и плотность пылевых частиц (не плотность материала)?
2. В диссертации не указан механизм возбуждения солитонов, возможно ли это прокомментировать?
3. Увлечение частиц волной называется «Стоксовым увлечением». Для используемых моделей каково соотношение между конечными размерами частиц и размером солитона? Существует ли разница для разных чисел Кнудсена?
4. О величине и характере сил на пылевые частицы при сравнении с экспериментом в Главе четыре. Для мелкой пылевой компоненты нужно четко объяснить силы участвующие в балансе и направление их действия (эффект захвата и увлечения). Полезно дать рисунок.
5. Какова роль сил термофореза для различных пылевых частиц различных размеров? Данная сила в диссертации просто пропущена.

Все сделанные замечания не портят общего положительного впечатления о диссертационной работе.

Результаты работы могут быть использованы в ряде научных организаций: Санкт-Петербургский государственный университет, Объединенный институт высоких температур РАН, Московский физико-технический институт, Институт космических исследований РАН, Институт общей физики им. А.М. Прохорова, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Государственный научный центр Российской Федерации "ТРИНИТИ" и др.

Автореферат и опубликованные работы полностью раскрывают содержание диссертации.

Диссертация представляет собой законченную научную 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 Трухачев Федор Михайлович заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.9 – физика плазмы.


Официальный оппонент:

Профессор кафедры Общей физики 1

Физического факультета СПбГУ

Доктор физико-математических наук

02 мая 2024 г.

 В.Ю. Карасев

Адрес: Россия, 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 7/9

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования " Санкт-Петербургский государственный университет"

<http://www.spbu.ru>

E-mail.ru: v.karasev@spbu.ru

Тел: (812)428-44-66



02.05.2024

Документ подготовлен
в порядке исполнения
трудовых обязанностей

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