

РЕЦЕНЗИЯ

на диссертационную работу докторанта PhD Еримбетовой Лаззат Тастанбековны на тему: **«Самосогласованная модель физических свойств пылевой плазмы»**, представленной на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности «6D060400 – Физика»

Диссертационная работа Еримбетовой Лаззат Тастанбековны посвящена теоретическому исследованию физических свойств пылевой плазмы на основе предложенного эффективного потенциала взаимодействия пылевых частиц конечных размеров.

В работе получен эффективный потенциал взаимодействия пылевых частиц, учитывающий конечность их размера. На основе данного потенциала были исследованы заряд пылевых частиц в зависимости от параметров буферной плазмы, корреляционные функции, такие как радиальные функции распределения и статический структурный фактор, термодинамические характеристики, в частности избыточное давление, изотермическая сжимаемость и корреляционная энергия, а также были определены динамические характеристики пылевой компоненты на основе метода моментов. Диссертантом были приведены сравнения с результатами других авторов для точечных пылевых частиц, а также установлено, что размер пылевых частиц может влиять на физические свойства пылевой плазмы.

1. Актуальность темы исследования и ее связь с общенаучными и общегосударственными программами.

В настоящее время ведутся активные исследования термодинамических свойств и электродинамических характеристик пылевой плазмы, которая встречается в самых разнообразных природных объектах, а также является рабочим веществом во многих технологических установках. Наиболее значимой, по-видимому, является проблема осуществления управляемого термоядерного синтеза, так как вследствие контакта со стенками реактора в высокотемпературную плазму неизбежно попадают пылевые частицы, состоящие из материала стенок, что приводит к изменению свойства плазмы и существенно сказывается на процессе ее удержания. Знание физических свойств и поведения пылевой плазмы, образующейся главным образом в диверторах токамаков, помогает контролировать происходящие процессы, своевременно отводить загрязняющие вещества и, тем самым, увеличивать продолжительность удержания плазмы.

Термоядерная энергетика – это одно из самых перспективных направлений развития энергетики будущего, так как термоядерные реакции являются практически не иссякаемым источником энергии. С учетом отмеченного тема диссертационной работы Еримбетовой Л.Т. по исследованию статических и динамических характеристик пылевой плазмы является несомненно актуальной.

2. Научные результаты в рамках требований к диссертации (пп. 127 Правил присуждения ученых степеней)

Диссертационная работа Еримбетовой Лаззат Тастанбековны состоит из четырех глав, введения и заключения. Итогом работы по теме диссертации является ряд новых и достоверных научных результатов:

- потенциал взаимодействия пылевых частиц, учитывающий конечность их размера в рамках теории линейного диэлектрического отклика, практически совпадает с

потенциалом Юкавы при малых значениях параметра экранирования, а с его ростом лежит систематически выше;

- положение первого максимума на кривой статического структурного фактора смещается в сторону меньших волновых чисел на 10% при увеличении параметра связи в интервале 20–100 и при уменьшении параметра экранирования в интервале 1–3, а при изменении плотности упаковки пылевых частиц на порядки в интервале 10^{-8} – 10^{-1} положение первого максимума остается практически неизменным;

- спектр пыли-акустических волн, учитывающий явление перезарядки пылевых частиц в изотермической сжимаемости сильно связанной пылевой компоненты, качественно меняет свой вид при изменении параметра плотности упаковки пылинок в интервале 10^{-9} – 10^{-5} так, что наличие максимума сменяется монотонным возрастанием в зависимости от волнового числа;

- в спектре пыли-акустических волн при достаточно больших параметрах связи появляется ротонный минимум, положение которого соответствует положению первого максимума на кривой статического структурного фактора, что напрямую подтверждает гипотезу Фейнмана об их взаимно обратной зависимости. В соответствии с этим волновое число ротонного минимума остается практически неизменным при варьировании плотности упаковки пылевых частиц в интервале 10^{-8} – 10^{-1} .

3. Степень обоснованности и достоверности каждого научного результата (научного положения), выводов и заключения соискателя, сформулированных в диссертации

Достоверность научных положений, выносимых на защиту, выводов и заключения соискателя не вызывает сомнения. Достоверность результатов подтверждается тем, что в диссертации последовательно рассмотрен предельный случай точечных пылевых частиц и проводится постоянное сравнение с целью верификации предлагаемых подходов. Диссертантом использовались известные физические модели и математические методы при получении результатов диссертации, сделаны обоснованные выводы, хорошо согласующиеся с результатами компьютерного моделирования, к которым относятся метод молекулярной динамики и метод Монте-Карло. Результаты исследований прошли рецензирование в высокорейтинговых международных научных журналах и журналах из Перечня ККСОН МОН РК, а также были апробированы на многих международных научных конференциях.

4. Степень новизны каждого научного результата (положения), вывода соискателя, сформулированных в диссертации

Научная новизна результатов диссертации Еримбетовой Л.Т. не вызывает сомнения и заключается в следующем:

- в рамках классической электродинамики плазмы разработана модель взаимодействия частиц в пылевой плазме, учитывающая конечность размеров пылинок и явление экранирования поля, что позволяет корректно учитывать граничное условие на поверхности пылевых частиц;

- установлено, что положение первого пика на кривой статического структурного фактора практически не зависит от плотности упаковки пылевых частиц и определяется параметрами связи и экранирования;

– в изотермической сжимаемости сильно связанной пылевой компоненты учтены процессы перезарядки пылевых частиц, что приводит к качественному изменению в поведении спектра пыли-акустических волн даже для пылевых частиц очень малых размеров;

– с помощью метода моментов установлена связь между положениями роторного минимума и первого максимума на кривой статического структурного фактора.

5. Практическая и теоретическая значимость полученных результатов

Полученные диссертантом научные результаты имеют следующую практическую и теоретическую значимость: Построенная самосогласованная модель корректно описывает равновесные свойства системы и может быть использована для расчёта уравнения состояния и корреляционной энергии неидеальной пылевой компоненты, параметры которой соответствуют различным астрофизическим объектам, условиям термоядерного синтеза в пристеночной области токамаков, а также экспериментам на международной космической станции. Результаты анализа статических и динамических свойств пылевой плазмы помогут в понимании и управлении процессами, протекающими в установках управляемого термоядерного синтеза с магнитным удержанием. Полученные в работе результаты расширяют фундаментальные знания по физике пылевой плазмы.

6. Замечания и предложения по диссертации:

Следует отметить, что диссертантом выполнен большой объем расчетно-теоретических работ. В то же время в диссертации имеются следующие недостатки:

1. Конкретные расчеты в диссертации проведены для чисто водородной буферной плазмы. Для усиления практической значимости работы было бы полезно проведение расчетов с учетом других компонентов, например, гелия, появление которого неизбежно при осуществлении термоядерного синтеза.

2. В диссертации проводится постоянное сравнение со случаем точечных пылевых частиц. Очевидно, этого нельзя сделать для пыли-акустических волн с учетом перезарядки пылинок, так как сами пылевые частицы должны иметь размер для того, чтобы заряжаться. Тем не менее, в спектре пыли-акустических волн на рисунке 4.13 можно было бы привести спектр тех же пыли-акустических волн для точечных пылевых частиц без учета перезарядки. Это позволило бы понять влияние на спектр не только конечности размеров, но и самого процесса перезарядки.

3. В разделе работы "Обозначения и сокращения" приводится не полный список используемых аббревиатур. В тексте встречается не расшифрованная аббревиатура, причем как на латыни, так и на кириллице, например, QLCA, RHNC, МД, MD, DAW.

4. В диссертационной работе исследуется влияние пылинок «конечных размеров» на свойства пылевой плазмы, но не обозначается диапазон размеров пыли, в котором разработанная модель может быть использована. Используются также определения размера как микроскопического и макроскопического, но не понятно какие это размеры, ведь дисперсность пыли подразумевает ее распределение по размерам от 0 до 0.1 мм.

5. Не всегда, где в этом есть необходимость, автор указывает ссылки на литературу. Например, на странице 17 написано «В литературе, относящейся к данной области исследований, широко применяются и другие параметры.», но нет ссылки на указанную литературу.

6. В Главе 3 в формулах используется буква "r", которая обозначает три различных расстояния, это путает и затрудняет восприятие материала.

7. Из подписей к рисункам 3.2–3.5, 3.12–3.14, 3.16, 3.24, 3.62–3.65, 3.70, 3.71 4.7–4.12 не понятно, какие зависимости на них приводятся. Подпись к рисунку 3.28 приведена на другой странице. Подписи к рисункам 3.60, 3.61, 3.66–3.68 выполнены не по ГОСТУ. В подписях к рисункам 3.72–3.77 используется неправильная запись десятичного логарифма, десятичный логарифм принято обозначать lgN .

8. В диссертации присутствуют стилистические неточности и опечатки. Например, на странице 12 записано: «важно знать, как заряд самих пылевых частиц, так и закон их взаимодействия в зависимости от расстояния», или на странице 13 «существенную роль играют процессы поглощения частиц и вызванные ими дополнительные механизмы взаимодействия», имеются предложения с пропущенными словами и, наоборот, повторяющиеся дважды целые абзацы. Неправильно используется орфографический знак «дэфис».

Следует отметить, что перечисленные замечания носят в основном формальный характер и не снижают значимость проведенных исследований и полученных результатов, приведенных в диссертационной работе.

7. Соответствие содержания диссертации в рамках требований Правил присуждения ученых степеней

На основании вышеизложенного считаю, что диссертационная работа Еримбетовой Лаззат Тастанбековны на тему «Самосогласованная модель физических свойств пылевой плазмы», представленная на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности «6D060400 – Физика», соответствует требованиям «Правил присуждения ученых степеней» ККСОН МОН РК, предъявляемым к работам такого рода, как по содержанию, так и по объему, а соискатель Еримбетова Лаззат Тастанбековна заслуживает присуждения искомой степени по указанной специальности.

Официальный рецензент
Директор ТОО «Плазматехника R&D»
Доктор технических наук



Устименко А.Б.
«5» декабря 2019 г.

