РЕЦЕНЗИЯ

на диссертационную работу докторанта PhD Машеевой Ранны Уытбаевны на тему: **«Компьютерное моделирование пылевой плазмы во внешнем магнитном поле»**, представленной на соискание ученой степени доктора философии (PhD) по специальности «6D070500 – Математическое и компьютерное моделирование».

Ознакомившись с диссертацией Машеевой Ранны Уытбаевны на тему «Компьютерное моделирование пылевой плазмы во внешнем магнитном поле» представленной на соискание ученой степени доктора философии (PhD) по специальности «6D070500 – Математическое и компьютерное моделирование», я пришел к следующему заключению:

Диссертационная работа Машеевой Р.У. посвящена построению математической модели и компьютерному моделированию плазмы сложного состава на основе методов молекулярной и ланжевеновой динамики.

Диссертационная работа выполнена в соответствии с планами фундаментальной научно-исследовательской работы КН МОН РК «Грантовое финансирование научных исследовании» по темам: «Элементарные процессы и оптические свойства плазмы сложного состава инерциального термоядерного синтеза» (2015-2017гг.), «Компьютерное моделирование свойств магнитоактивной плазмы сложного состава» (2015-2017 гг.), «Исследование пыле-звуковых солитонов в магнитоактивной плазме сложного состава» (2018-2020 гг..), Программы целевого финансирования «Исследование фундаментальных проблем физики плазмы и плазмоподобных сред» (2018-2020 гг..), «Разработка и исследование математических моделей, численных методов и комплекса программ комбинаторной оптимизации (на примере задач прямоугольного раскроя)» (2015-2017 гг.), «Исследование и разработка моделей и методики представления и организации знаний с применением онтологического подхода и инструментальных средств Smart-технологии, при реализации образовательных программ и процессов» (2018-2020 гг.), «Разработка информационных технологий и систем для стимулирования устойчивого развития личности как одна из основ развития цифрового Казахстана» (2018-2020 гг.).

1. Оценка актуальности темы диссертации (соответствие развитию науки и техники, запросам общественной практики).

Диссертационная работа Машеевой Ранны Уытбаевны посвящена компьютерному моделированию сильносвязанных многочастичных систем с помощью методов молекулярной и ланжевеновой динамики.

На сегодняшний день пылевая плазма вызывает большой интерес исследователей во многих странах. Пылевая плазма встречается во многих астрофизических объектах, а также и вблизи искусственных спутников Земли, в пристеночной области термоядерных установок с магнитным удержанием, в технологических установках микроэлектронной промышленности. Кроме того, повышенный интерес к пылевой плазме обусловлен также и возможностью исследования фундаментальных свойств и процессов в многочастичных системах (фазовые переходы, коллективные возмущения и т.д.) с помощью видеонаблюдений за поведением частиц микронных размеров.

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

Итогом работы Машеевой Р.У. по теме диссертации является большой ряд новых, интересных и достоверных научных результатов. Отметим лишь некоторые, основные из них:

1. Предложена новая математическая модель для компьютерного моделирования пылевой подсистемы в плазме в приближении потенциала Юкавы с учетом однородного внешнего магнитного поля.

2. Исследованы парные корреляционные функции, автокорреляционные функции скорости, коэффициент диффузии и кейгеновые (клеточные) корреляционные функции на основе данных компьютерного моделирования.

3. Разработана вычислительная методика, позволяющая исследовать локализацию частиц поперек и вдоль направления магнитного поля с помощью введенных направленных кейгеновых корреляционных функций.

4. Спроектировано и реализовано в виде программного продукта для компьютераа приложение, позволяющее проводить исследования магнитоактивной пылевой плазмы с учетом и без учета силы трения между пылевой частицей и буферной плазмой.

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

Результаты выполненной автором работы сравнивались с имеющимися в литературе экспериментальными и расчетными данными, с результатами компьютерного моделирования молекулярной динамики других авторов, при этом часто получалось весьма хорошее согласие, что и свидетельствует в пользу достоверности и обоснованности выводов, сформулированных в диссертации. Результаты неоднократно докладывались на международных научных конференциях, они вызывают большой интерес и активно обсуждались, как я неоднократно наблюдал, ведущими специалистами на семинарах и конференциях. Большая часть из них опубликована в профильных научных журналах с очень высоким рейтингом. Все это свидетельствует об обоснованности и достоверности полученных в диссертации результатов.

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

Результаты, полученные в диссертации Машеевой Р.У., являются новыми и заключаются в следующем:

- Построенная математическая модель для компьютерного моделирования магнитоактивной пылевой плазмы, что позволяет корректно учитывать влияние внешнего магнитного поля и сил трения на динамику пылевых частиц в буферной плазме.
- На основе компьютерного моделирования магнитоактивной пылевой плазмы были получены новые данные о ее структурных (парная корреляционная функция) и динамических (автокорреляционная функция скоростей и коэффициенты диффузии) свойствах.
- Построенная математическая модель для направленных корреляционных функций позволяет адекватно описывать процессы локализации пылевых частиц вдоль и поперек направлений внешнего магнитного поля.
- Создан автоматизированный комплекс компьютерных программ для моделирования и исследования свойств пылевой подсистемы в плазме в приближении потенциала Юкавы.

5. Практическая и теоретическая значимость полученных результатов

Полученные диссертантом научные результаты имеют как практическую, так и общетеоретическую значимость: результаты, полученные на основе компьютерного моделирования магнитоактивной пылевой плазмы будут полезны при разработке и проектировании установок управляемого термоядерного синтеза, у стенок которых появляется магнитоактивная пылевая плазма за счет взаимодействия плазмы со стенками. Полученная схема для интегрирования уравнений движения позволяет моделировать системы многих частиц, где ускорение зависит от их скоростей явным образом. Реализованное в виде программного кода с пользовательским интерфейсом приложение дает возможность исследовать свойства пылевой плазмы без обращения к коду программы, в удобном диалоговом режиме.

6. Замечания и предложения по диссертации:

Естественно, что весьма обширная по тематике работа, включающая в себя многие разделы физики плазмы и статфизики, численных методов, программирования не свободна от многих недостатков. Часть из них совершенно несущественна, опечатки я не буду упоминать и ограничусь лишь пожеланием в дальнейшей работе более тщательно работать с текстом.

В качестве основного недостатка работы в целом я бы отметил отсутствие связи рассмотренных в диссертации тестовых задач с реальными физическими объектами. На мой взгляд, зачастую именно плазма, т.е. свойства электрон-ионной компоненты пылевой плазмы, определяет характеристики пылевых подсистем в ней. Иногда, пылевая подсистема может значительно менять свойства разряда в целом, это определяется параметром Хавнеса, который равен доле заряда на пылинках по отношению к заряду частиц плазмы – электронов и ионов. Поэтому для читателей физиков была бы очень полезным указание на связь именно с параметрами реальных физических систем, а не приведение безразмерных характеристик системы в целом.

Из отмеченной особенности изложения следует замечание о целесообразности выбранного способа учета влияния магнитного поля на характеристики пылевой плазмы. Исследуется прямое влияние магнитного поля на движение пылевых частиц. Общепринятым и очевидным является факт сильного влияния магнитного поля на характеристики пылевой плазмы. Но, как известно, с увеличением индукции магнитного поля сначала замагничиваются электроны, ионы из-за большего отношения масс к заряду замагничиваются значительно слабее. Для пылевых частиц отношение массы к заряду в миллионы раз выше, поэтому прямое влияние магнитного поля на движение пылевых частиц будет еще слабее. Однако, влияние магнитного поля на движение пылевых частиц может быть сильным из-за влияния на зарядку пылинок, силу ионного увлечения и т.д. Кстати, именно эти факторы не могут быть учтены в рамках модели юкавовского потенциала взаимодействия, поскольку взаимодействие пылинок вообще говоря носит непотенциальный характер и не может быть сведено к парному взаимодействию. Т.е. взаимодействие пылинок носит невзаимный характер, для них не выполняется третий закон Ньютона. Впрочем, следует также отметить, что исследование систем Юкавы представляет и самостоятельный методический интерес, поэтому разработка методик численного решения, изучения влияния магнитного поля на кинетические характеристики представляется вполне актуальной задачей. Проделанная автором работа в этом направлении свидетельствует о ее высокой квалификации.

Очень несущественным недостатком, который тем не менее хочу отметить, является приведение четырнадцати значащих цифр в интерфейсе программы. По-моему мнению, нужно указать на необходимость проведения работы по оценке точности решения и указания ее при печати результата.

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

На основании вышеизложенного считаю, что диссертационная работа Машеевой Р.У. на тему «Компьютерное моделирование пылевой плазмы во внешнем магнитном поле», представленная на соискание ученой степени доктора философии (PhD) по специальности «6D070500–Математическое и компьютерное моделирование» соответствует требованиям «Правил присуждения ученых степеней» ККСОН МОН РК, предъявляемым к работам такого

рода, как по содержанию, так и по объему, а соискатель Машеева Р.У. заслуживает присуждения искомой степени по указанной специальности.

Рецензент,
Ведущий научный сотрудник
ИОФ РАН,
д.ф.-м.н. С.А. Майоров

ПОДПИСЬ С.А. Майорова
ЗАВЕРЯЮ
ВРИО УЧЁНОГО СЕКРЕТАРЯ ИОФ РАН
ГЛУШКОВ В.В.
«29» ноября 2019 г.