

ОТЗЫВ
официального оппонента
на диссертационную работу ЮРЧЕНКО СТАНИСЛАВА ОЛЕГОВИЧА
«Коллективная динамика, термодинамика и парные корреляции в
системах с регулируемым межчастичным взаимодействием»,
представленную на соискание ученой степени доктора физико-
математических наук по специальности 01.04.07 – физика
конденсированного состояния.

Актуальность темы диссертации

Актуальность данной диссертационной работы обусловлена выявлением новых закономерностей связи между коллективной динамикой, парными корреляциями и термодинамикой в системах с регулируемым межчастичным взаимодействием на основе теоретических, вычислительных и экспериментальных исследований с использованием коллоидных суспензий и комплексных (пылевых) плазм. Данные исследования носят фундаментальный междисциплинарный характер, позволяют создать новые подходы для более глубокого понимания природы свойств кристаллов и жидкостей, что играет важную роль в фундаментальных и прикладных исследованиях различных материалов: металлов, керамик, полупроводников, стекол, перспективных композиционных материалов, а также позволяет исследовать фундаментальные задачи в области фазовых переходов, в частности, плавления, кристаллизации, критических явлений и спинодального распада в простых и многокомпонентных системах. Одним из наиболее ярких достоинств данной диссертационной работы является ее комплексный характер: автор нашел возможность объединить в диссертации как теоретические, так и экспериментальные результаты. Еще одним важным достоинством рассматриваемой работы является предложенные автором различные экспериментальные методики регулировки величины взаимодействий (в данном случае классических, т.е. не квантово-механических) отдельных частиц друг с другом в рассмотренных коллоидных суспензиях и комплексных (пылевых) плазмах, что обеспечивает простор для соответствующего теоретического моделирования.

Основные результаты, полученные автором и их новизна

Автором работы впервые получены следующие как теоретические, так и экспериментальные (вплоть до создания соответствующих экспериментальных установок) оригинальные результаты:

1. Разработан новый метод кратчайших графов и интерполяционный метод для расчета парных корреляционных функций кристаллов. Впервые изучено влияние эффектов ангармонизма на парную корреляционную функцию классических кристаллов.

2. Впервые изучена термодинамика, парные корреляции и коллективные возбуждения в кристаллах частиц с ограниченным диапазоном мягкого отталкивания, для которых обнаружены новые аномалии теплоемкости.

3. Разработанный интерполяционный метод впервые обобщен для вычисления парных корреляций в сложных кристаллах, чья элементарная ячейка состоит из более чем одной частицы. Продемонстрирована высокая эффективность метода на примере ромбоквадратной решетки.

4. Разработана новая методика использования интерполяционного метода для термодинамических расчетов в широком диапазоне режимов взаимодействия. Систематически изучены термодинамика 2D систем Юкавы, 2D систем с дипольным отталкиванием.

5. Разработана новая модель формирования квази-2D системы Юкавы – анионов, адсорбированных на поверхности пузырьков в водных растворах электролитов.

6. Разработана и реализована новая экспериментальная технология исследований с кинетическим уровнем разрешением в 2D системе коллоидных частиц, где межчастичное взаимодействие регулируется внешним вращающимся электрическим полем.

7. Кроме фундаментальных исследований, разработанная экспериментальная установка может быть использована для коллоидной самосборки в прикладных исследованиях для получения коллоидных фотонных кристаллов высокого качества. Впервые показано, что генерация высших гармоник в фотонных кристаллах может быть усилена более чем на порядок при накачке в области запрещенной зоны.

8. Предложен новый метод идентификации фаз в 2D конденсируемых системах на основе анализа характеристик ячеек Вороного.

9. Впервые рассчитаны и экспериментально изучены регулируемые парные взаимодействия между коллоидными частицами во вращающемся электрическом поле.

10. Впервые выведен критерий, при котором открытые системы с невзаимными эффективными силами, действующими между частицами, демонстрируют псевдо

гамильтонову динамику. Впервые показано, что невзаимность сил может привести к активационной динамике и диссипативным фазовым переходам.

11. На примере 2D комплексной плазмы в качестве экспериментальной модельной системы впервые исследованы фронты горения в классических 2D твердых телах. Экспериментально обнаружены все ключевые особенности фронта горения, такие как активированное тепловыделение, двухзонная структура автомоделного профиля температуры (“фронт пламени”), а также тепловое расширение среды и температурное насыщение за фронтом.

12. Впервые показано, что активационная динамика может вести к термоакустической неустойчивости в жидкой монослойной комплексной плазме. Этот результат впервые демонстрирует физическую аналогию между коллективной динамикой флуктуаций в реактивных средах и открытых системах с невзаимным эффективным взаимодействием между частицами.

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в разработке, и реализации в программных кодах новых методов расчета термодинамики и парных корреляций, которые могут использоваться для моделирования свойств классических кристаллов в широком диапазоне температур, давлений, плотностей и типов взаимодействий. Разработана экспериментальная технология изучения коллоидных суспензии с регулируемыми межчастичными взаимодействиями во вращающихся электрических полях. могут быть обобщены для 3D систем. Разработана экспериментальная технология самосборки фотонно-кристаллических кластеров больших размеров, также пригодная для манипуляций с биологическими объектами, самосборки биологических клеток и последующего анализа их коллективной динамики.

Оформление диссертации, публикации и апробация

Представленная Юрченко Станиславом Олеговичем диссертационная работа оформлена в соответствии с требованиями, предъявляемыми ВАК РФ, состоит из семи глав, включая введение и заключение. Объем работы составляет 324 страницы текста, включая 8 таблиц и 117 рисунков. Список литературных источников содержит 825 наименований.

Во **введении** обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы основные цели работы, приведены основные положения, выносимые на защиту. В дополнении к этому, в данном разделе обсуждаются вопросы, связанные с теоретической и практической

ценностью, методологией исследования, указан список научных конференций, симпозиумов и семинаров, на которых докладывались результаты данной диссертации.

Глава 1 посвящена обзору наиболее важных результатов в области свойств и применений систем с регулируемым межчастичным взаимодействием.

Глава 2 посвящена анализу парных корреляций в классических кристаллах, их связи с коллективной динамикой и термодинамикой различных кристаллов.

Глава 3 посвящена расчету термодинамических свойств 2D систем с использованием интерполяционного метода, разработанного в главе 2.

Глава 4 посвящена 2D коллоидным суспензиям с регулируемым межчастичным взаимодействием во вращающихся электрических полях.

Глава 5 посвящена анализу активационной динамики в системах частиц с нарушенным третьим законом Ньютона (невзаимностью) для эффективных взаимодействий, как правило, опосредованных различными потоками в среде (например, потоками плазмы).

Диссертационная работа заканчивается общим заключением и списком литературных источников.

Содержание автореферата Юрченко С.О. полностью соответствует содержанию диссертации.

Диссертационная работа написана хорошим профессиональным языком. По теме диссертации опубликовано 29 печатных работ в международных рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ (в том числе входящих в первый квартиль в базе цитирования Web of Science). Важно отметить, что все работы, результаты которых вынесены на защиту получены в период с 2014 года по 2018 год, что говорит о высочайшей творческой активности Юрченко С.О.

Обоснованность научных положений результатов и выводов

В данной диссертационной работе предложено решение важной и актуальной задачи из области физики конденсированного состояния - разработки новых методов для анализа коллективной динамики, термодинамики и парных корреляций в системах с регулируемым межчастичным взаимодействием, а также предложены и реализованы соответствующие экспериментальные технологии.

Достоверность полученных результатов гарантируется обоснованным выбором физических приближений, детальным анализом предложенных методов на основе аналитических расчетов, согласием результатов вычислений с данными экспериментов. Результаты, представленные диссертантом, были опубликованы в ведущих российских и

международных научных журналах и представлялись на конференциях высокого уровня, что также подтверждает достоверность выводов диссертации.

Вместе с тем можно сделать ряд замечаний по содержанию диссертации:

1. Во всей данной работе межчастичные потенциалы берутся как «внешние»: либо модельные, либо рассчитанные в рамках каких-то иных подходов, типа, теории функционала электронной плотности. Несмотря на показанную универсальность подходов к вычислению парных корреляционных функций для различных «внешних» потенциалов, хочется призвать автора рассмотреть возможности вычисления потенциалов.
2. Хотелось бы более конкретно услышать критерий применимости методов расчета термодинамики и парных корреляций (как заявлено в широком диапазоне температур) при приближении к температуре плавления для классических кристаллов.

Заключение

Вышеупомянутые замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы Юрченко С.О. Диссертация выполнена на высоком научно-образовательном уровне. Совокупность результатов представленных в диссертации позволяет утверждать о решении важной научной проблемы физики конденсированного состояния. Результаты работы опубликованы в рецензируемых журналах и хорошо известны научному сообществу. В диссертации изложен ряд важных методических теоретических и экспериментальных разработок и результатов по перспективным материалам, которые могут обеспечить существенный вклад в развитие фундаментальной теории конденсированного состояния в России и за рубежом. Автореферат достаточно полно отражает содержание диссертации. Диссертационная работа Юрченко С.О. соответствует научной специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния по актуальности, научной новизне, объему выполненных исследований и практической значимости и представляет собой законченную научно-квалификационную работу. В диссертации решен ряд актуальных задач физики конденсированного состояния, представляющих прикладную и фундаментальную ценность.

Диссертационная работа **«Коллективная динамика, термодинамика и парные корреляции в системах с регулируемым межчастичным взаимодействием»**, отвечает всем требованиям пункта 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением ВАК РФ от 24 сентября 2013 года №842 с внесенными изменениями от 21 апреля 2016 года №335, а ее автор, Юрченко Станислав Олегович, заслуживает присуждения

степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.07 — физика конденсированного состояния.

Главный научный сотрудник Лаборатории теоретической физики
Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт электрофизики
Уральского отделения Российской академии наук (ИЭФ УрО РАН),
620016, г. Екатеринбург, ул. Амундсена, д. 106
Тел: +7 (343) 267-87-86. E-mail: nekrasov@ier.uran.ru

Член-корреспондент РАН, д.ф.-м.н. И.А. Некрасов

Дата подписания отзыва: « 14 » января 2018 г.

Подпись Некрасова И.А. заверено

ул. секретарь ИЭФ

УрО



Кокорина Е.Е.