

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной деятельности
Федерального государственного автономного
образовательного учреждения высшего
образования «Казанский (Приволжский)
федеральный университет», д.г.-м.н.,
профессор Нургалиев Данис Карлович

«10» сентября 2019 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Яковлева Егора Викторовича на тему: «Экспериментальное исследование неравновесных фазовых переходов и коллективной динамики в конденсированной мягкой материи при помощи модельных систем», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 — физика конденсированного состояния.

Актуальность работы. Диссертация Яковлева Е.В. посвящена решению одной из фундаментальных задач физики конденсированного состояния — экспериментальному исследованию явлений в конденсированных средах на уровне отдельных частиц. Проведение прямых экспериментальных исследований в реальных молекулярных системах на уровне отдельных атомов и молекул в режиме реального времени невозможно, поэтому особой ценностью обладают модельные системы с управляемыми взаимодействиями, такие как коллоидные суспензии и комплексные (пылевые) плазмы. Важным преимуществом таких систем является возможность визуализации отдельных микроскопических частиц при помощи оптической микроскопии. Другое преимущество модельных систем состоит в том, что при помощи управляющих полей можно изменять интенсивность и даже характер межчастичного взаимодействия. Таким образом подобные модельные системы позволяют решить задачи изучения неравновесных фазовых переходов и коллективной динамики в конденсированной мягкой материи.

Достоверность результатов подтверждается корректностью использования методов физики конденсированного состояния, физики мягкой матери, статистической физики и методов экспериментальной физики; полученные результаты согласуются с известными результатами, экспериментальные результаты обладают воспроизводимостью. Достоверность основных результатов диссертации подтверждается согласием результатов, полученных на основе разных подходов, включающих экспериментальные, вычислительные и теоретические.

Личный вклад автора главным образом состоит в подготовке и проведении экспериментальных работ, отладке методик и протоколов проведения экспериментальных исследований. Так же автор принимал важное участие в разработке и создании экспериментальных стендов и установок, в постобработке экспериментальных результатов и последующем анализе, обсуждении и интерпретации результатов.

Научная новизна. Диссертация обладает высокой степенью научной новизны, которая связана как с новизной постановок задач, так и с новизной разработанных

методов и полученных результатов. Так, выявлена аналогия между комбинированными неустойчивостями в комплексной (пылевой) плазме, которые создают условия для термической активации более тяжелых частиц, проявляющих поведение тепловых дефектов, и химическими реакциями с предварительным равновесием; впервые представлены экспериментальные методики проведения экспериментов с двумерными коллоидными суспензиями во внешних вращающихся электрических полях, позволившие наблюдать кристаллическое, жидкое и гелеобразное состояние; впервые экспериментально проверен интерполяционный метод для анализа парных корреляций, определения параметра связи и детального изучения заряда частиц в коллоидных суспензиях и двумерных плазменных кристаллах.

Результаты обладают существенной междисциплинарностью и важны для широкого круга проблем в физике конденсированного состояния, науках о материалах, физике мягкой материи, физической химии, химической физике, статистической механике.

Структура и содержание диссертации. Диссертация состоит из введения, 4 глав и заключения, содержит 155 страниц, 41 рисунок, 2 таблицы. Список литературы включает 255 источников.

Во введении чётко обозначена актуальность и значимость направления исследования, сформулирована цель, перечислены положения, выносимые на защиту, отмечена научная новизна, достоверность и личный вклад, апробация работы и публикация материалов диссертации.

Глава 1 посвящена обзору результатов в области применения модельных систем комплексной (пылевой) плазмы и коллоидных суспензий с управляемыми взаимодействиями. Рассмотрены особенности методов, их недостатки и преимущества, а также рассмотрены ранее полученные при помощи таких систем результаты.

Глава 2 посвящена экспериментальному исследованию фронтов неравновесного плавления, тепловой активации дефектов и жидкостных структур в комплексных (пылевых) плазмах. Подробно описывается экспериментальная установка, методика проведения эксперимента. Представлены результаты экспериментального исследования процесса неравновесного плавления в комплексной (пылевой) плазме, термоакустической неустойчивости, фронтов неравновесного плавления и активации дефектов. Так же в главе предлагается новый подход к созданию термализованной комплексной (пылевой) плазмы в жидком состоянии.

Глава 3 посвящена исследованию неравновесных фазовых переходов и коллективной динамики при помощи коллоидных суспензий с управляемыми взаимодействиями при помощи внешних вращающихся полей. В главе описывается экспериментальная методика для регулируемой самосборки частиц. Посредством сравнения экспериментально полученной фазовой диаграммы коллоидной системы во вращающемся электрическом поле с результатами, полученными при помощи моделирования, показана многочастичная природа межчастичного взаимодействия в коллоидных системах во вращающихся электрических полях. Экспериментально получен парный потенциал взаимодействия между частицами во вращающемся электрическом поле. Обсуждаются возможные области применения двумерных коллоидных суспензий с управляемым притяжением в качестве инструмента для исследования гелеобразования и старения коллоидных модельных гидрогелей и дислокационной динамики

В Главе 4 впервые экспериментально проверен интерполяционный метод для расчета парных корреляций в кристаллах. Описаны детали экспериментов с двумерными и трехмерными коллоидными кристаллами и с двумерными комплексными (пылевыми) плазмами. Показана эффективность использования интерполяционного метода для получения параметров парного взаимодействия между частицами.

Теоретическая значимость. Найденные режимы сборки коллоидных суспензий при помощи вращающихся электрических полей обладают высокой степенью важности для исследований фазовых переходов, поверхностных явлений, дислокационной динамики, гелеобразования и огрубления сетки коллоидных гелей. Так же значимостью обладает выявленная аналогия между комбинированными неустойчивостями в комплексной (пылевой) плазме и химическими реакциями с предварительным равновесием. Важен обнаруженный результат влияния тепловых дефектов на кинетику энерговыделения в экзотермических реакциях. Полученные результаты открывают перспективы для исследования на кинетическом уровне – уровне отдельных частиц сложных процессов горения, роли тепловых дефектов в распространении интенсивных экзотермических реакций и ускорении фронтов пламени в материалах.

Практической значимостью обладают разработанные экспериментальные методики самосборки коллоидных кристаллов из микрочастиц, состоящих из материалов различной природы (полимеры, диоксид кремния, проводящие частицы и т.д.). Используя такие методики самосборки становится возможным разработка новых методов создания фотоннокристаллических пленок и гелевых коллоидных структур. Существенной практической значимостью обладает разработанная на основе интерполяционного метода методика для детального анализа заряда частиц в различных коллоидных кристаллах с мягкими межчастичными взаимодействиями (например, при разных температурах и плотностях).

Замечания по диссертационной работе. По диссертации имеются следующие замечания:

1. В обзоре, посвященном исследованию квазидвумерных плазменно-пылевых систем (глава 1) не упоминаются и не обсуждаются базовые в этой тематике работы, посвященные исследованию динамических процессов в квазидвумерных пылевых системах, как, например, [Petrov O. F. et al. Solid-hexatic-liquid transition in a two-dimensional system of charged dust particles //EPL (Europhysics Letters). – 2015. – Т. 111. – №. 4. – С. 45002.] и [Kononov E.A., Vasiliev M.M., Petrov O.F. // Journal of Experimental and Theoretical Physics. 2018. Т. 126. № 5. С. 600-603]).
2. В диссертации в нескольких местах указывается то, что в центральной части квазидвумерного плазменно-пылевого кристалла реализуется наибольшая плотность частиц. Тем не менее, не поясняются причины данного явления?
3. В главе 1, параграф 1.1.4 обсуждается применение механического «воздействия (удара) в области нижней части вакуумной камеры, рядом с электродом» (цитата). Не поясняются детали того, как именно осуществлялся удар; было ли это непосредственное механическое воздействие на пылевую структуру или же удару подвергалась сама вакуумная камера?
4. В параграфе 1.1.1 вводится величина f_v , которая никак не определяется.

Заключение

Диссертация Яковлева Егора Викторовича «Экспериментальное исследование неравновесных фазовых переходов и коллективной динамики в конденсированной мягкой материи при помощи модельных систем» является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на высоком уровне, в которой решена актуальная научная проблема экспериментального изучения неравновесных фазовых переходов и коллективной динамики в конденсированной мягкой материи при помощи модельных систем.

Полученные в работе результаты являются новыми и вносят вклад в развитие физики конденсированного состояния.

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 9 научных работах, индексируемых в Scopus / Web of Science, в том числе 6 в журналах, рекомендованных ВАК РФ для публикации основных результатов научных работ.

Автореферат диссертации и опубликованные работы полностью отражают ее содержание.

По актуальности, научной и практической значимости полученных результатов и новизне диссертация соответствует требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г. (ред. от 02.08.2016 г.), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Яковлев Егор Викторович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 — физика конденсированного состояния.

Отзыв на диссертацию обсужден и одобрен на заседании кафедры вычислительной физики и моделирования физических процессов Казанского (Приволжского) Федерального университета, (протокол № 1 от «9» сентября 2019 г.).

Заведующий кафедрой вычислительной физики
и моделирования физических процессов
Института физики ФГАОУ ВО «Казанский
(Приволжский) федеральный университет»,
доктор физико-математических наук

Мокшин А.В.

Институт физики
ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,
420008, Россия, РТ, г. Казань, ул. Кремлевская, д. 16а
тел.: (843) 233-77-37
e_mail: anatolii.mokshin@mail.ru

Подпись Мокшина А.В. заверяю:
Ученый секретарь Ученого совета Института
физики ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский)
федеральный университет», профессор,
доктор физико-математических наук

Прошин Ю.Н.

*Подпись Прошина Ю.Н. Верна.
Специалист по УИД
Тимирова А.Ф.*