

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК**

**СТЕНОГРАФИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ**

заседание диссертационного совета Д 002.110.02  
при Федеральном государственном бюджетном учреждении наук  
Объединенном институте высоких температур Российской академии наук  
от 16 декабря 2015 г. (протокол № 16)

Повестка дня:

Защита диссертации Йе Туна  
на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук  
на тему  
«Фазовые переходы в двумерных плазменно-пылевых структурах»

Специальность 01.04.08 – Физика плазмы

Москва – 2015

## СТЕНОГРАММА

заседания диссертационного совета Д 002.110.02  
при Федеральном государственном бюджетном учреждении наук  
Объединенном институте высоких температур Российской академии наук  
Протокол № 16 от 16 декабря 2015 г.

**Председатель** – Зам. председателя диссертационного совета Д 002.110.02 д.ф.-м.н., профессор Андреев Н.Е.

**Секретарь** – Ученый секретарь диссертационного совета Д 002.110.02 к.ф.-м.н., с.н.с. Васильев М.М.

### **Председатель:**

Уважаемые члены Совета, кворум имеется. Совет утверждён в составе **31** человека. На заседании присутствуют 22 членов совета, из них докторов наук по профилю рассматриваемой диссертации – 9.

1. Фортов В.Е.	академик	01.04.08	отсутствует
2. Канель Г.И.	чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н., профессор	01.04.14	присутствует
3. Андреев Н.Е.	д.ф.-м.н., профессор	01.04.08	присутствует
4. Васильев М.М.	к.ф.-м.н.	01.04.08	присутствует
5. Агранат М.Б.	д.ф.-м.н., с.н.с.	01.04.14	присутствует
6. Амиров Р.Х.	д.ф.-м.н., с.н.с.	01.04.08	присутствует
7. Баженова Т.В.	д.ф.-м.н., профессор	01.04.08	присутствует
8. Вараксин А.Ю.	чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н., профессор	01.04.14	присутствует
9. Васильев М.Н.	д.т.н., профессор	01.04.14	присутствует
10. Василяк Л.М.	д.ф.-м.н., профессор	01.04.08	присутствует
11. Ваулина О.С.	д.ф.-м.н.	01.04.08	отсутствует
12. Воробьев В.С.	д.ф.-м.н., профессор	01.04.08	присутствует
13. Голуб В.В.	д.ф.-м.н., профессор	01.04.14	присутствует
14. Гордон Е.Б.	д.ф.-м.н., профессор	01.04.08	отсутствует
15. Грязнов В.К.	д.ф.-м.н., с.н.с.	01.04.14	отсутствует
16. Еремин А.В.	д.ф.-м.н., профессор	01.04.14	присутствует
17. Зейгарник Ю.А.	д.т.н., с.н.с.	01.04.14	присутствует
18. Иванов М.Ф.	д.ф.-м.н., профессор	01.04.14	присутствует
19. Иосилевский И.Л.	д.ф.-м.н., профессор	01.04.08	присутствует
20. Кириллин А.В.	д.ф.-м.н., профессор	01.04.14	присутствует
21. Лагарьков А.Н.	академик	01.04.08	отсутствует
22. Ломоносов И.В.	д.ф.-м.н., профессор	01.04.14	присутствует
23. Медин С.А.	д.т.н., профессор	01.04.14	присутствует
24. Норман Г.Э.	д.ф.-м.н., профессор	01.04.08	присутствует
25. Петров О.Ф.	чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н., профессор	01.04.08	присутствует
26. Полежаев Ю.В.	чл.-корр. РАН, д.т.н., профессор	01.04.14	отсутствует
27. Савватимский А.И.	д.т.н.	01.04.14	отсутствует
28. Сон Э.Е.	чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н., профессор	01.04.08	отсутствует
29. Старостин А.Н.	д.ф.-м.н., профессор	01.04.08	отсутствует
30. Храпак А.Г.	д.ф.-м.н., профессор	01.04.14	присутствует
31. Якубов И.Т.	д.ф.-м.н., профессор	01.04.08	присутствует



## **ПОВЕСТКА ДНЯ**

На повестке дня защита диссертации аспиранта Московского физико-технического института (Государственного университета) Ёе Туна на тему «Фазовые переходы в двумерных плазменно-пылевых структурах». Диссертация впервые представлена на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.08 – Физика плазмы. Диссертация выполнена в лаб. №1.2.1.2 – диагностики пылевой плазмы Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук (125412, г. Москва, ул. Ижорская, 13, стр.2, <http://jiht.ru>).

### **Научный руководитель:**

**Петров Олег Федорович**, д.ф.-м.н., член-корреспондент РАН, профессор, руководитель научно-исследовательского центра Теплофизики экстремальных состояний (НИЦ-1) Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук, г. Москва.

### **Официальные оппоненты:**

1. **Карасев Виктор Юрьевич** – гражданин РФ, доктор физико-математических наук, профессор кафедры общей физики, Санкт-Петербургский государственный университет (Университетская набережная 7-9, Санкт-Петербург, 199034);
2. **Филиппов Анатолий Васильевич** – гражданин РФ, доктор физико-математических наук, начальник отдела физики неидеальной плазмы «ГНЦ РФ ТРИНИТИ» (улица Пушкиных, владение 12, Троицк, Московская область, 142092).

### **Ведущая организация:**

**Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук (119991, Москва, ул. Вавилова, 38).**

На заседании присутствуют: официальный оппонент д.ф.-м.н. Карасев Виктор Юрьевич; научный руководитель Ёе Туна д.ф.-м.н., член-корреспондент РАН, профессор, Петров Олег Федорович.

## СТЕНОГРАММА

**Председатель:** Можем начинать защиту. Йе Тун будет защищать кандидатскую диссертацию «Фазовые переходы в двумерных плазменно-пылевых структурах».

**Ученый секретарь:**

*Зачитывает данные о соискателе по материалам личного дела и сообщает о соответствии представленных документов требованиям ВАК Минобрнауки РФ.*

**Председатель:**

Есть ли вопросы по документам? Нет. Господин Йе Тун, пожалуйста.

**Йе Тун:**

*Докладывает диссертационную работу (выступление не стенографируется, доклад Йе Туна прилагается).*

**Председатель:**

Спасибо, господин Йе Тун. Есть ли вопросы? Нет. Тогда слово предоставляется научному руководителю.

**Петров О.Ф.:**

*Зачитывает отзыв (выступление не стенографируется, письменный отзыв имеется в деле)*

**Председатель:**

Спасибо. Слово предоставляется ученому секретарю Васильеву М.М. для ознакомления членов диссертационного совета с отзывами, поступившими на автореферат и отзывом ведущей организации.

**Ученый секретарь:**

В наш совет поступило три отзыва на автореферат диссертации Йе Туна. Все отзывы положительные. Есть замечания.

1. Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения РАН, Московская область, г. Черноголовка, Россия (отзыв подписан доктором химических наук, главным научным сотрудником Рубцовым Н.М.)

- Автору следует определиться, сколько статей у него в рецензируемых журналах – две (стр.5) или три (стр.15).

- На рисунке 3 (стр.11) не указано, какая величина отложена по оси абсцисс.

2. Государственный научный центра Российской Федерации – Физико-энергетического института имени А.И. Лейпунского (отзыв подписан доктором физико-математических наук, ведущим научным сотрудником Жеребцовым В.А.)

- К тексту автореферата имеются лишь незначительные редакционные замечания.



3. Филиал Учреждения Российской академии наук Института энергетических проблем химической физики РАН имени В.Л. Гальперина (подписан ведущим научным сотрудником Лаборатории оптико-физических методов, кандидатом физико-математических наук Болтневым Р.Е.) – отзыв положительный, замечаний нет.

Имеется положительный отзыв от ведущей организации – Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук, (зачитывает отзыв ведущей организации).

В отзыве имеются следующие замечания:

1. В результате обработки экспериментальных данных корреляционные функции были построены для расстояний не превышающих 8-12 средних межчастичных расстояний, что соответствует ансамблю из порядка 100 частиц. С чем связано столь относительно небольшое количество частиц? Ведь в Главе 2 диссертационной работы показано, что в эксперименте наблюдался монослой, состоящий из 10 тысяч пылинок. Поскольку именно асимптотическое поведение ориентационной корреляционной функции определяет фазовое состояние двумерной системы, то увеличение числа обрабатываемых частиц в эксперименте является важным с точки зрения достоверности результатов диагностики, так как позволило бы пронаблюдать асимптотическое поведение корреляционных функций на больших расстояниях (до 30-50 межчастичных).

2. Система одноименно заряженных пылевых частиц в горизонтальном направлении удерживается внешним электрическим полем ловушки. Вместе с тем, внешнее поле возмущает структуру таким образом, что среднее расстояние между пылевыми частицами в центре структуры оказывается меньше чем на периферии (см. рисунок 2.5). Из текста диссертации не ясно, как влияет радиальная пространственная неоднородность "кристаллической" структуры на характер ее плавления. Плавление начинается с центра или с края монослоя?

3. Теория Березинского-Костерлица-Таулесса (ВКТ) была разработана для двумерных систем взаимодействующих частиц. Анализируемая в диссертационной работе плазменно-пылевая система является трехмерной (несмотря на то, что пылевые частицы образуют монослой) в том смысле, что все три компонента импульса пылевых частиц отличны от нуля, причем как правило, в подобных экспериментах энергия поперечных колебаний пылевых частиц выше, чем в плоскости слоя. Вопрос о границах применимости теории ВКТ к такой квазидвумерной системе остается открытым.

4. Диссертационная работа посвящена определению сценария плавления квазидвумерной структуры. В работе делается вывод, что переход системы из кристаллического состояния в жидкое происходит в соответствии с теорией Березинского-Костерлица-Таулесса (ВКТ),



т.е. носит двухстадийный характер с образованием промежуточной, фазы. Представляет интерес дополнительное сравнение результатов с альтернативной теорией плавления двумерных систем (Grain-Boundary-Induced melting (GBI), основанной на формировании границ раздела.

5. Известно, что профиль лазерного луча неоднороден по интенсивности и может быть аппроксимирован гауссовской функцией распределения. Из текста диссертации не ясно, как выполнялось и выполнялось ли условие пространственной однородности нагрева пылевой структуры с помощью лазерного луча.

Указанные замечания не являются критическими.

**Председатель:**

Спасибо, Михаил Михайлович. Слово предоставляется Йе Туну для ответа на замечания.

**Йе Тун:**

Что касается отзывов на автореферат, то, в целом, я согласен со всеми замечаниями по поводу случайных опечаток в автореферате.

К вопросу о публикациях в рецензируемых журналах – их три, 2 из которых в журналах индексируемых системой Web of Science и еще одна из перечня ВАК.

К вопросу о подписи оси абсцисс на рисунке 3, действительно она упущена, однако в подписи к рисунку указано, что зависимость представлена от мощности лазерного излучения. Мощность отложена в мВт.

Что касается ответов на замечания от ведущей организации: С замечаниями в целом согласен.

По поводу числа обрабатываемых частиц. В работе анализировались монослойные структуры, насчитывающие около трех тысяч частиц. Согласно процедуре построения корреляционных функций, «длина» функций не превышала расстояние от края центральной области структуры (для частиц внутри которой и определялись парные и ориентационные корреляции) до края структуры. При этом размер центральной области структуры определялся необходимостью усреднения по ансамблю частиц и в данной работе составлял примерно третью часть от размера (диаметра) структуры.

О влиянии ловушки на однородность структуры. Действительно, межчастичное расстояние в центре структуры, находящейся в электростатической ловушке, меньше чем на периферии. Вопрос об области начала плавления не исследовался. Как уже было сказано в ответе на предыдущий вопрос, парные и ориентационные корреляции определялись для частиц, находящихся в центральной области, внутри которой структура была однородной.



По поводу Grain-Boundary-Induced melting теории. Как уже было сказано ранее, на построенных диаграммах Вороного отсутствуют обязательные для сценария теории Grain-Boundary-Inducedmelting (GBI)протяжённые "границы раздела", состоящие из дефектов.

Про применимость теории Березинского-Костерлица-Таулесса. Вопрос о границах применимости теории Березинского-Костерлица-Таулесса (ВКТ) в квазидвумерной системе и при переходе двумерной системы в трехмерную- очень интересный и является темой наших ближайших исследований.

Про неоднородность лазерного луча. Для разогрева структуры использовался лазерный пучок, достаточно широкий для того, чтобы обеспечить однородный нагрев. Для расширения пучка использовалась линза. Однородность нагрева контролировалась путем измерения среднего квадрата скорости пылевых частиц в различных областях структуры.

**Председатель:**

Переходим к отзывам официальных оппонентов, первый оппонент Карасев Виктор Юрьевич, из Санкт-Петербургского государственного университета.

**Карасев В.Ю.:**

*(Зачитывает отзыв, письменный отзыв имеется в деле).*

**Председатель:**

Есть ли у членов совета вопросы? Нет. Господин Йе Тун, пожалуйста.

**Йе Тун:**

Спасибо за вопросы.

По поводу Grain-Boundary-Induced melting теории. Исходя из результатов, представленных в данной работе, можно с уверенностью утверждать, что в рассмотренной системе плавление пылевой структуры происходит по сценарию Березинского-Костерлица-Таулесса (КТНУ), а не по сценарию теории "Grain-Boundary-Inducedmelting" (GBI). Подтверждением этому служат построенные диаграммы Вороного (на рисунке 2.9), на которых отсутствуют обязательные для сценария GBI протяжённые "границы раздела", состоящие из дефектов. Однако полностью отбросить GBI теорию нельзя, т.к. она может оказаться справедливой для систем с другим потенциалом межчастичного взаимодействия.

Что касается других промежуточных фаз. Сравнить результаты, полученные в настоящей диссертации, с результатами упомянутой работы Морфилла и др., - некорректно по причине различных способов разогрева исследуемой плазменно-пылевой структуры. В работе Морфилла структура разогревалась путём повышения мощности вч-разряда либо понижения давления буферного газа, то есть неравновесным образом. В результате этого стало возможным появление в системе описанных Морфиллом новых



разнообразных промежуточных фаз. В то же время в представленной работе разогрев проводился равновесным образом, с помощью лазерного излучения. Это обеспечило возможность наблюдения сценария фазового перехода, предсказанного для равновесной системы.

**Председатель:**

Хорошо. К сожалению, второй официальный оппонент Филиппов Анатолий Васильевич из Государственного научного центра РФ Троицкого института инновационных и термоядерных исследований не смог сегодня присутствовать по уважительной причине, объяснительное письмо имеется в материалах диссертации. Слово предоставляется ученому секретарю Васильеву М.М. для ознакомления членов диссертационного совета с отзывом, поступившим от Филиппова А.В.

**Васильев М.М.:**

*(Зачитывает отзыв, письменный отзыв имеется в деле).*

**Председатель:**

Спасибо, Михаил Михайлович. Господин Йе Тун, пожалуйста.

**Йе Тун:**

Спасибо. По поводу описания алгоритма восстановления траекторий. Подробное описание метода Фурье-фильтрации для восстановления траекторий движения частиц представлено в статье Стаценко с соавторами «Трехмерная диагностика плазменно-пылевых структур в тлеющем разряде», опубликованной в 2007 году в трудах 28-й международной конференции ICPIG. Согласен, что следовало бы привести в диссертации другую ссылку, например, на упомянутую работу.

По поводу определения скоростей частиц. Формула (2.1) приведена для случая, низ-кой и средней частот кадров, когда погрешность выбранного метода дифференцирования заведомо превосходит погрешность, вносимую измерениями. Когда условия эксперимента позволяли производить съёмку с большей частотой кадров, применялась регуляризация по шагу, в рамках которой скорости вычислялись не по соседним кадрам, а через оптимальный промежуток.

По поводу определения  $g_b$ . Формула для функции  $g_b$  взята из статьи [Jaster, Phys. Rev. E (1999)], где оговаривалось, что считалась реальная часть от полученных функций. Согласен с тем, что этот момент следовало бы прояснить в тексте диссертации. Более подробное описание процедуры расчета функции  $g_b$  приведено в статьях Елены Васильевой и Ольги Станиславовны Ваулиной, а также Олега Федоровича Петрова с соавторами, опубликованных в ЖЭТФ в 2013 и 2015г.



По поводу пиков  $g_2$ . В работе действительно, сделана опечатка. Степенной и экспоненциальной функциями аппроксимировались пики корреляционной функции  $g_2$ , из которой вычиталась единица. Значения параметра  $\mu$  везде должно быть положительным.

Что касается прибавки к энтропии. Кривая 1 на рисунке соответствует расчетам прибавки энтропии по результатам численного моделирования, взятым из работы [O. S. Vaulina et al., Phys. Rev. E 82, 056411 (2010)]; кривая 2 – это функция, пропорциональная  $\ln(1/\Gamma^*)$  в случае постоянной теплоемкости, что имеет место быть для идеального газа, а также кристалла.

**Председатель:**

Все удовлетворены? Да. Спасибо. Переходим к дискуссии. Пожалуйста...

**Василяк Л.М.:**

Я читал работу, поскольку был в экспертной комиссии и поэтому я вопросы не задавал, но хотел бы выразить свое мнение. На мой взгляд, работа очень интересная начиная с постановки задачи - я имею в виду использование лазера для разогрева. Поскольку мы видели цикл работ ранее выполненных в этой же лаборатории (например для того чтобы измерить вязкость; прецизионные лазерные измерения для выбивания одиночных частиц), теперь мы видим совершенно новое направление. Лазер используются достаточно большой мощности для однородного нагрева большого количества частиц. С моей точки зрения это дает принципиально новые возможности для исследований, я хотел бы пояснить какие.

В пылевой плазме фазовые переходы сегодня занимают большую часть исследований. Что делают все исследователи для того чтобы получить переходы - они просто меняют параметры плазмы. Формально говоря это просто разные эксперименты и сравнить их невозможно (можно придумывать разные модели). Вот это есть первая работа которая с точки зрения теплофизики правильно выполнена, когда плазменный фон совсем не меняется. Это первый случай который я знаю, когда разогревается непосредственно пылевая компонента, и если пользоваться термином глубина регулирования, эта глубина регулирования с помощью лазера позволяет разогревать пылевую подсистему от кристалла до газа, и очень прецизионно. Поэтому мы и видим, что получены очень хорошие результаты. Нужно было огромное терпение огромное экспериментальное с мастерство, чтобы пройти по всем диапазонам и получить эти результаты.

С моей точки зрения это только первые достижения этой методики работа принципиально новая, очень хорошая, получены результаты и я буду голосовать ЗА. И я призываю, чтобы члены диссертационного совета тоже проголосовали ЗА, поскольку в этом случае мы поддержим хорошую работу.

**Председатель:**

Есть ли еще желающие? Нет? В таком случае, господин Йе Тун, вам заключительное слово.

**Йе Тун:**

Я хотел бы поблагодарить за помощь моего научного руководителя Петрова Олега Федоровича, всех моих коллег и членов совета. Всем большое спасибо!

**Председатель:**

Спасибо. Выбираем счетную комиссию. Мы просим поучаствовать д.ф.-м.н., профессора Храпака Алексея Георгиевича, д.ф.-м.н. Аграната Михаила Борисовича и д.т.н., профессора Васильева Михаила Николаевича. Никто не возражает? Нет. Давайте голосовать. Все проголосовали «за» состав комиссии. Тогда приступаем к голосованию.

*(Проводится процедура тайного голосования).*

**Председатель:**

Слово для оглашения результатов тайного голосования предоставляется председателю счетной комиссии – д.ф.-м.н., профессору Храпаку А.Г.

**Храпак А.Г.:**

Состав диссертационного совета утвержден в количестве 31 членов, на заседании присутствуют 22 члена совета, из них 9 докторов наук по профилю рассматриваемой диссертации. Роздано 22 бюллетеней, остались не розданными 9. В урне оказалось 22 бюллетеня.

Результаты голосования:

За присуждение ученой степени кандидата физико-математических наук Йе Туну проголосовало 22 члена диссертационного совета, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

**Председатель:**

Предлагается утвердить протокол счетной комиссии. Прошу голосовать. *(Протокол счетной комиссии утверждается единогласно)*. Диссертационный совет должен принять заключение по диссертации Йе Туна и утвердить его. Проект заключения роздан. У кого есть замечания или дополнения?

*(Члены диссертационного совета обсуждают проект заключения).*

Предлагается принять заключение с обсужденными нами изменениями. Прошу голосовать. *(Утверждается единогласно открытым голосованием)*. Заседание диссертационного совета объявляется закрытым.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.110.02 НА БАЗЕ  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ  
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР РОССИЙСКОЙ  
АКАДЕМИИ НАУК ПО ДИССЕРТАЦИИ  
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 16.12.2015г. № 16

О присуждении Ёе Туну, гражданину Мьянмы, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Фазовые переходы в двумерных плазменно-пылевых структурах» по специальности 01.04.08 – физика плазмы, принята к защите 9 октября 2015 года, протокол № 13 диссертационным советом Д 002.110.02 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук (125412 г. Москва, Ижорская ул., 13, строение 2, jiht.ru), утвержденного Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 105/нк от 11 апреля 2012 года.

Соискатель Ёе Тун 1985 года рождения, в 2011 году окончил Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Московский физико-технический институт (государственный университет). С 2011 года по 2015 год проходил обучение в очной аспирантуре Московского физико-технического института (государственного университета). В настоящее время не работает.

Диссертация выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Объединенном институте высоких температур Российской академии наук (ОИВТ РАН).

Научный руководитель - д.ф.-м.н., чл.-корр. РАН, профессор, руководитель научно-исследовательского центра Теплофизики экстремальных состояний (НИЦ-1) ОИВТ РАН Петров Олег Федорович.

Официальные оппоненты:

Карасев Виктор Юрьевич, д.ф.-м.н., профессор кафедры Общей физики Санкт-Петербургского государственного университета (Университетская набережная 7-9, Санкт-Петербург, 199034);

Филиппов Анатолий Васильевич, д.ф.-м.н., начальник отдела Физики неидеальной плазмы «ГНЦ РФ ТРИНИТИ» (улица Пушкиных, владение 12, Троицк, Московская область, 142092).



дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук (ИОФ РАН, 119991, Москва, ул. Вавилова, 38) в своем положительном заключении, подписанном Майоровым Сергеем Алексеевичем, д.ф.-м.н., в.н.с. Теоретического отдела ИОФ РАН указала, что в целом диссертационная работа Йе Туна представляет собой законченный труд, в котором получен ряд важных результатов как фундаментального, так и прикладного характера. Из основных научных результатов диссертации отмечены следующие:

1. Создан экспериментальный стенд для изучения фазовых переходов в двумерной плазменно-пылевой системе.
2. Получены новые результаты экспериментального изучения фазового перехода в двумерной плазменно-пылевой системе, включая трансляционный и ориентационный порядок и топологические дефекты.
3. Впервые экспериментально обнаружена промежуточная (гексатическая) фаза при фазовом переходе в двумерной плазменно-пылевой системе.
4. Получены новые результаты восстановления потенциала взаимодействия при экспериментальном изучении фазового перехода в двумерной плазменно-пылевой системе.

Работа полностью соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.08 – физика плазмы.

Соискатель имеет 11 опубликованных по теме диссертации работ, в том числе 3 работы в рецензируемых научных изданиях, 2 из которых в журналах индексируемых системой WOS и одна из перечня ВАК:

1. О.Ф. Петров, О.С. Ваулина, М.М. Васильев, Й. Тун, Е.А. Лисин, М.И. Мясников, С.Н. Антипов, В.М. Чепелев и В.Е.Фортов, Кулоновские системы сильно взаимодействующих пылевых частиц: Эксперименты в лаборатории и условиях микрогравитации Автометрия. Т . 50, № 5. стр. 19-36, 2014. В статье представлены результаты экспериментального исследования различных режимов броуновского движения взаимодействующих пылевых частиц в плазме. Предложен метод определения сил взаимодействия частиц в неидеальных системах с изотропными парными потенциалами.
2. О.Ф. Петров, М.М. Васильев, Й. Тун, К.Б. Стаценко, О.С. Ваулина, Е.В. Васильева, В.Е. Фортов, Двумерный фазовый переход в сильнонеидеальной пылевой плазме, ЖЭТФ, том 147, вып.2, стр. 372-379, 2015. В статье представлены результаты экспериментального



наблюдения плавления плазменно-пылевого монослоя (двумерный фазовый переход) в газовом разряде низкого давления. Проведены измерения и выполнен анализ парных и ориентационных корреляционных функций, а также числа топологических дефектов в монослое. Характер изменения ориентационных корреляционных функций подтверждает существование фазового перехода твердое тело - гексатическая фаза - жидкость, что полностью согласуется с теорией Березинского - Костерлица - Таулесса.

3. Petrov O.F., Vasiliev M.M., Vaulina O.S., Stacenko K.B., Vasilieva E.V., Lisin E.A., Tun Y., Fortov V.E., Solid-hexatic-liquid transitions in a twodimensional system of charged dust particles, EPL, V. 111, p.45002, 2015. В статье описаны результаты исследования двумерного фазового перехода в высокочастотном разряде. Проведены исследования зависимости числа дефектов в квазидвумерной пылевой структуре от фазового состояния системы. Показано экспериментально что характер фазового перехода является двухстадийным и согласуется с КТНУ теорией.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения РАН, Московская область, г. Черноголовка, Россия (отзыв подписан доктором химических наук, главным научным сотрудником Рубцовым Н.М.)

- Автору следует определиться, сколько статей у него в рецензируемых журналах – две (стр.5) или три (стр.15).

- На рисунке 3 (стр.11) не указано, какая величина отложена по оси абсцисс.

2. Государственный научный центр Российской Федерации – Физико-энергетического института имени А.И. Лейпунского (отзыв подписан доктором физико-математических наук, ведущим научным сотрудником Жеребцовым В.А.)

- К тексту автореферата имеются лишь незначительные редакционные замечания.

3. Филиал Учреждения Российской академии наук Института энергетических проблем химической физики РАН имени В.Л. Гальперина (подписан ведущим научным сотрудником Лаборатории оптико-физических методов, кандидатом физико-математических наук Болтневым Р.Е.)

– отзыв положительный, замечаний нет.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что:

Филиппов А.В. является известным физиком-теоретиком в области теоретического исследования плазменно-пылевых процессов и автором более 100 научных работ, в том числе:

1. Филлипов А.В., Н.А. Дятко, А.С. Костенко, Исследование зарядки пылевых частиц в слабоионизованных инертных газах с учетом нелокальности функции распределения электронов по энергии, ЖЭТФ, 2014 г., т.146, вып.11, с.1122-1134
2. A.V. Filippov, A. N. Starostin, I. M. Tkachenko, V.E. Fortov, Dust acoustic waves in complex plasmas at elevated pressure, Physics Letters A, 2011 г., v.376, pp.31-38
3. A.V. Filippov, A. N. Starostin, I. M. Tkachenko, V. E. Fortov, Static and Collective Properties of Dusty Non-Equilibrium Plasmas, Contributions to Plasma Physics, 2013, v.53, no.4-5, pp.442 – 449

Карасев В.Ю. является признанным специалистом в области экспериментального изучения пылевой плазмы и автором более 100 научных работ, в том числе:

1. V.Yu. Karasev, E. S. Dzlieva, A. Yu. Ivanov, M.S. Golubev, Magnetic tops in dusty plasma, Contr. PlasmaPhys., 2011, V.51 (6), pp.509-513
2. В.Ю. Карасев, Е.С. Дзlieва, М.А.Ермоленко, Определение размеров частиц в пылевой плазме в тлеющем разряде, ЖТФ, 2012, Т.82, стр. 147-150
3. В.Ю. Карасев, Е.С. Дзlieва, М.А.Ермоленко, Свойства плазменно-пылевых образований сформированных в тлеющем разряде над стенкой разрядной камеры, Физика плазмы, 2012, Т.38, стр. 591-596

Институт общей физики им. А.М. Прохорова является одним из ведущих институтов, занимающихся исследованиями в области неидеальной плазмы, в том числе пылевой плазмы, сотрудниками института опубликовано большое количество научных работ в данной области, в том числе:

1. С.А. Майоров, Б.А. Клумов, О взаимодействии микрочастиц с потоком ионов в плазме газового разряда, Краткие сообщения по физике ФИАН, 2013г., №10, С.19-32
2. T.S. Ramazanov, T.T. Daniyarov, S.A. Maiorov, S.K. Kodanova, M.K. Dosbolayev, E.B. Zhankarashev, Ion Heating in Dusty Plasma of Noble Gas Mixtures, Contrib. Plasma Phys., (2011),V.51, No.6, pp.505-508
3. Дзlieва Е.С., Ермоленко М.А., Майоров С.А. и др., Управление ионным увлечением в пылевой плазме. Письма в ЖЭТФ, 100, 801 (2014)

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработан экспериментальный стенд для изучения фазового перехода в двумерной плазменно-пылевой системе;

предложена оригинальная методика плавления двумерного пылевого монослоя в плазме, основанная на кинетическом разогреве пылевой компоненты с помощью лазерного излучения.



Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что: экспериментально подтверждена теория Березинского-Костерлица-Таулесса о двухстадийном характере процесса плавления двумерных систем на примере плавления кристаллического монослоя пылевых частиц в плазме; применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс существующих экспериментальных методик диагностики параметров плазменно-пылевой системы, а том числе экспериментально апробирован метод определения фазового состояния двумерной системы путем анализа асимптотического поведения ориентационных корреляционных функций.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что разработана методика плавления двумерного пылевого монослоя в плазме, основанная на кинетическом разогреве пылевой компоненты с помощью лазерного излучения, представлены новые результаты экспериментального изучения фазового перехода в двумерной плазменно-пылевой системе, включая трансляционный и ориентационный порядок и топологические дефекты.

Представляется целесообразным использовать результаты работы в Объединенном институте высоких температур РАН, в МГУ им. М.В.Ломоносова, ГНЦ РФ ТРИНИТИ, МФТИ (государственный университет), РНЦ «Курчатовский институт», ИОФ РАН, НИЯУ «МИФИ», ГНЦ «РФ-ФЭИ» им. А.В. Лейпунского и в других научных организациях, проводящих исследования в области физики пылевой плазмы.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что достоверность экспериментальных результатов базируется на использовании хорошо апробированных современных экспериментальных методов диагностики.

Личный вклад соискателя является определяющим и состоит в том, что автор принимал активное участие в постановке научных задач; автором разработан и создан экспериментальный стенд для изучения фазовых переходов в двумерных плазменно-пылевых системах; основные результаты, изложенные в диссертационной работе, получены из проведенных автором экспериментов; а на основании проведенных исследований и теоретического анализа полученных результатов были сформулированы и обоснованы выводы и положения, вошедшие в диссертацию.

На заседании диссертационный совет Д 002.110.02 от 16 декабря 2015 года принято решение, присудить Йе Туно ученую степень кандидата физико-математических наук, по специальности 01.04.08 – физика плазмы, согласно п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации 24 сентября 2013г. № 842.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 22 человек, из них 9 докторов наук по специальности 01.04.08. – физика плазмы и 13 докторов наук по специальности 01.04.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника, участвовавших в заседании, из 31 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за - 22 , против - 0 , недействительных бюллетеней - 0.

Зам. председателя диссертационного совета Д 002.110.02

д.ф.-м.н., профессор

Н.Е. Андреев

Ученый секретарь диссертационного совета Д 002.110.02

к.ф. - м.н.



М.М. Васильев

М.П.

16.12.2015г.