

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

СТЕНОГРАММА

заседания диссертационного совета Д 002.110.02 на базе
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Объединенного института высоких температур Российской академии наук
(125412, г. Москва, ул. Ижорская, д. 13, стр. 2)
от 11 декабря 2019 г. (протокол № 10)

Защита диссертации **Мартыновой Инны Александровны**
на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук
**«Расчетно-теоретическое исследование термодинамических свойств
комплексной плазмы»**

Специальность 01.04.08 – физика плазмы

Москва – 2019

СТЕНОГРАММА

заседания диссертационного совета Д 002.110.02 на базе
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Объединенного института высоких температур Российской академии наук
(125412, г. Москва, ул. Ижорская, д. 13, стр. 2)
Протокол № 10 от 11 декабря 2019 г.

Диссертационный совет Д 002.110.02 утвержден Приказом Министерства образования и науки РФ от 11.04.2012 г. № 105/нк в составе 31 человека. На заседании присутствуют 22 человека, из них 11 докторов наук по специальности 01.04.08 – физика плазмы и 11 докторов наук по специальности 01.04.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника. Дополнительно введены на разовую защиту 0 человек. Кворум имеется.

Председатель – зам. председателя диссертационного совета Д 002.110.02

д.ф.-м.н., профессор Андреев Н.Е.

Ученый секретарь – ученый секретарь диссертационного совета Д 002.110.02

д.ф.-м.н. Васильев М.М.

1	Фортов В.Е.	Академик, д.ф.-м.н., профессор	01.04.08	Отсутствует
2	Канель Г.И.	Чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н., профессор	01.04.14	Отсутствует
3	Андреев Н.Е.	Д.ф.-м.н., профессор	01.04.08	Присутствует
4	Васильев М.М.	Д.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	Воробьев В.С.	Д.ф.-м.н., профессор	01.04.08	Присутствует
12	Голуб В.В.	Д.ф.-м.н., профессор	01.04.14	Присутствует
13	Гордон Е.Б.	Д.ф.-м.н., профессор	01.04.08	Отсутствует
14	Грязнов В.К.	Д.ф.-м.н.	01.04.14	Присутствует
15	Дьячков Л.Г.	Д.ф.-м.н.	01.04.08	Присутствует
16	Зейгарник Ю.А.	Д.т.н., с.н.с.	01.04.14	Присутствует
17	Еремин А.В.	Д.ф.-м.н., профессор	01.04.14	Присутствует
18	Иванов М.Ф.	Д.ф.-м.н., профессор	01.04.14	Отсутствует
19	Иосилевский И.Л.	Д.ф.-м.н., с.н.с.	01.04.08	Присутствует
20	Кириллин А.В.	Д.ф.-м.н.	01.04.14	Присутствует
21	Лагарьков А.Н.	Академик, д.ф.-м.н., профессор	01.04.08	Отсутствует
22	Ломоносов И.В.	Д.ф.-м.н., профессор	01.04.14	Отсутствует
23	Медин С.А.	Д.т.н., профессор	01.04.14	Присутствует
24	Норман Г.Э.	Д.ф.-м.н., профессор	01.04.08	Отсутствует
25	Петров О.Ф.	Академик, 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	Присутствует
28	Сон Э.Е.	Академик, д.ф.-м.н., профессор	01.04.08	Присутствует
29	Старостин А.Н.	Д.ф.-м.н., профессор	01.04.08	Присутствует
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	Отсутствует

ПОВЕСТКА ДНЯ

На повестке дня защита диссертации научного сотрудника лаборатории 17.3. – активных кулоновских систем Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук (ОИВТ РАН) **Мартыновой Инны Александровны** на тему «Расчетно-теоретическое исследование термодинамических свойств комплексной плазмы». Диссертация впервые представлена на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.08 – физика плазмы. Диссертация выполнена в Московском физико-техническом институте (национальном исследовательском университете) (141701, г. Долгопрудный, Московская область, Институтский пер., 9, mipt.ru).

Научный руководитель:

Иосилевский Игорь Львович – д.ф.-м.н., старший научный сотрудник, главный научный сотрудник лаборатории 1.5. – экстремальных энергетических воздействий Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук, г. Москва.

Официальные оппоненты:

Дубинов Александр Евгеньевич - гражданин РФ, д.ф.-м.н., доцент, заместитель директора Научно-производственного центра физики РФЯЦ-ВНИИЭФ по НИР Федерального Государственного Унитарного Предприятия «Российский Федеральный Ядерный Центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики» (РФЯЦ-ВНИИЭФ, 607188, Россия, Нижегородская обл., г. Саров, пр. Мира, 37).

Игнатов Александр Михайлович – гражданка РФ, д.ф.-м.н., профессор, главный научный сотрудник Теоретического отдела Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук, (ИОФ РАН, 119991, Россия, г.Москва, ул. Вавилова, д.38).

Ведущая организация:

Акционерное общество «Государственный научный центр Российской Федерации Троицкий институт инновационных и термоядерных исследований» (ГНЦ ТРИНИТИ, 108840, г. Москва, Троицк, ул. Пушкиновых, вл.12).

На заседании присутствуют официальные оппоненты д.ф.-м.н., доцент Дубинов А.Е. и д.ф.-м.н., профессор Игнатов А.М., научный руководитель Мартыновой И.А. д.ф.-м.н. старший научный сотрудник Иосилевский И.Л.

СТЕНОГРАММА

Председатель:

Уважаемые коллеги, сегодня у нас предпраздничное заседание. Предпоследнее в этом году и короткое. Поэтому, я думаю, мы его проведем...

Да, в этот раз у нас облегченный вариант на окончание года. так что надеюсь, мы его проведем активно и не слишком растянуто. Значит, Михаил Михайлович, Вы нас ознакомьте.

Ученый секретарь:

Уважаемые коллеги, добрый день! В наш диссертационный совет обратилась Инна Александровна Мартынова с просьбой принять к защите ее работу на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.08 – физика плазмы. Название работы «Расчетно-теоретическое исследование термодинамических свойств комплексной плазмы». Инна предоставила все необходимые документы, оформленные в соответствии с требованиями ВАК. Она училась в аспирантуре МФТИ, выполнила там свою работу и, с вашего позволения, я все документы зачитывать не буду. Если есть вопросы, я готов на них ответить.

Председатель:

Нет вопросов?

Ученый секретарь:

Без вопросов.

Председатель:

Тогда переходим к повестке дня. Инна Александровна, значит, Вам двадцать минут, пожалуйста.

Мартынова И.А.:

Выступает с докладом по диссертационной работе (выступление не стенографируется, презентация Мартыновой И.А. прилагается).

Председатель:

Спасибо, Инна Александровна, у нас есть возможность задать вопросы. Так, пожалуйста.

Сон Э.Е.:

Вы с самого начала в первой главе сказали, что Вы рассматривали задачи с потенциалом Юкавы. Эта модель или... В реальности ведь потенциал Юкавы особенно в комплексной плазме... На каком основании Вы рассматриваете системы только с потенциалом Юкавы?

Мартынова И.А.:

Эдуард Евгеньевич, наверное, я некорректно выразилась. Там исходная диаграмма, она была промоделирована с потенциалом Юкавы, это как предпосылка. И это уже послужило, так сказать, трамплином для будущих исследований. Но на самом деле исследования системы с потенциалом Юкавы... заканчивается в том месте, где мы перестраиваем ее и оцениваем скачок плотности. Дальше рассматривается термодинамика, а термодинамика... И для того, чтобы рассматривать термодинамику, нужно учитывать и фон тоже, и у нас получается, на самом деле, мы рассматриваем двухкомпонентную систему. Да, двухкомпонентная система, она более приближенная к реальности, вот об этом очень интересный этот результат, где было сравнение с численными результатами Панагиотополоуса, когда вот есть диаграмма для системы с потенциалом Юкавы, а есть более приближенная к реальности двухкомпонентная диаграмма, и... как вот я люблю говорить, природа не зависит от того, какую мы модель выбрали, она должна адекватно описывать то, что есть на самом деле. И вот это вот сравнение, оно с этой точки зрения очень интересно.

Сон Э.Е.:

В продолжение этого вопроса. Если вы решаете нелинейное уравнение Пуассона-Больцмана, то у Вас не будет потенциала Юкавы, правильно?

Мартынова И.А.:

Правильно.

Сон Э.Е.:

Поэтому вот вопрос. Как это сказывается на термодинамических функциях и сказывается ли вообще где-либо в равновесной термодинамике. В неравновесной это сказывается, а в равновесной есть такие случаи или нет.

Мартынова И.А.:

В равновесной вот очень... Если я правильно понимаю, Ваш вопрос, то в равновесной такой случай есть и ведет к фазовому расслоению.

Сон Э.Е.:

То есть я вопрос задаю, вот здесь Виктор Константинович Грязнов присутствует, который считает... программа знаменитая Саха-четыре, Саха-н, которую они с Игорем Львовичем делали, и, значит, я им все время говорю, они смотрят линейное приближение для потенциала зет-плюс-зет. Вопрос, правильно ли они делают. Ну, это неважно. Хорошо. Можно еще один вопрос?

Мартынова И.А.:

Да.

Сон Э.Е.:

Вы везде рассматривали классическую задачу, а где-нибудь Вы рассматривали влияние квантовых эффектов?

Мартынова И.А. отрицательно качает головой.

Сон Э.Е.:

Не рассматривали. Хорошо, спасибо.

Председатель:

Еще вопросы, пожалуйста. Никто не созрел... О, Владимир Сергеевич.

Воробьев В.С.:

Насколько я уловил из доклада, у Вас зет, заряд пылевой частицы, фиксированная величина, а на самом деле в реальной плазме, есть кинетика зарядки, и заряд зет зависит от всех прочих параметров плазмы. В какой степени в диссертации это обстоятельство учитывалось? Или не учитывалось.

Мартынова И.А.:

В диссертации согласно всем работам, которые... на которые она опирается, работы Хамагучи, все 4 штуки, и которые посвящены фазовой диаграмме, работа Сергея Алексеевича Храпака, везде четко сказано, что заряд фиксированный, и мы... Вот первый шаг был учесть эффект, а вот уже дальше... дальше шаги мы еще не делали.

Председатель:

Еще кто-нибудь хочет что-нибудь спросить? Инна Александровна, можно тогда я спрошу? Вот Вы так построили свой доклад, что большая часть, она выглядит как сравнение результатов различных авторов. И на всех слайдах это выглядело как, с хорошими ссылками, на те работы, на которые Вы опираетесь, но абсолютно непонятно, что собственно Вы сами считали. И мой вопрос... Вот я увидел только в результатах, выносимых на защиту, это решение уравнения Пуассона. Уравнение Пуассона, хорошо, тогда вопрос. На основании какой программы, то есть вы сами эту программу писали?

Мартынова И.А.:

Да.

Председатель:

Тогда вот ответьте, пожалуйста...

Мартынова И.А.:

Если нужна программа...

Председатель:

Нет, не только программа. Уравнения какие? Какие решались уравнения и какими средствами?

Мартынова И.А.:

Сейчас.

Председатель:

Потому что Вы так построили доклад, что это выглядит как сравнение... различных результатов других авторов.

Мартынова И.А.:

Я поняла, сейчас. Вот. В сферической электронейтральной ячейке решалась вот эта вот система методом последовательных приближений, для корреляционной ... Это вот касательно вот... Я имею в виду программы, которая составлялась. В корреляционной полости решалась похожая система, но там, во-первых, полость была неэлектронейтральна, то есть там больше условий получается, и...размер этой полости тоже от шага к шагу плавал, то есть он ...учитывался в уравнении, это когда мы приравниваем напряженности, потенциалы на границе, вот, например, корреляционной полости, и учитываем граничные условия.

Председатель:

Но с математической точки зрения это одномерные уравнения, в лучшем случае интегро-дифференциальные...Спасибо. Еще вопросы есть? Ну если нет, тогда Игорь Львович, я хотел бы, чтобы Вы все-таки охарактеризовали... Да, будьте любезны.

Иосилевский И.Л.:

Как скажете.

Председатель:

Вот уже говорю.

Иосилевский И.Л.:

Коллеги, Инна пришла ко мне на пятом курсе после трагической гибели Володи Милявского, вы это помните хорошо, у которого она защищала бакалаврскую работу, но как экспериментатор. Мы довольно долго выбирали, какую тему нам взять для работы, вот, и, не говоря ни слова о физике и так далее, характеризуя личность самой диссертантки, я должен отметить, что она за вот годы нашей совместной работы проявила себя как человек очень упорный, как человек настойчивый, в хорошем смысле амбициозный, и, короче, она проявила себя как девушка с характером, так скажем. Кроме того, она... Кроме того, она проявила себя как девушка довольно отважная, поэтому у нее довольно такой обильный список выступлений на самых разных конференциях, в которых она очень активно участвовала, там, русскоязычные, англоязычные, это не столь важно. Но кроме того, что, теперь характеризуя ее личность, кроме того, что она девушка с характером, она еще и девушка, которая поет. Поет почти профессионально, и совсем профессионально вместе с хором МФТИ, разъезжая по гастролям, вот, но и на этом ее эти качества не заканчиваются. Как-то на конференции на Эльбрусе, когда был вечер отдыха, и там кто-то читал стихи, кто-то там играл на гитаре и так далее, Инна Александровна спокойно вышла, села за инструмент и сыграла нам попури из очень популярных красивых мелодий. Но и это еще не все. Дело в том, что где-то в самом начале нашего с ней... нашей с ней работы она подарила мне книгу, где она является первым из трех авторов. И книга эта называется, внимание, «Введение в теорию поля». Значит, не скрою, я был слегка обескуражен, но быстро выяснилось, что это введение в теорию алгебраического поля. И оказалось, что у Инны есть еще там авторство двух таких книг и целой серии статей. И в определенный момент я сказал ей: «Инна, вот если у Вас такой... такие достижения в этой области, зачем же переключаться на пылевую плазму и начинать все с нуля?» Она посмотрела на меня и сказала: «Как Вы можете, Игорь Львович, как Вы можете даже сравнивать физику пылевой плазмы с какой-то там теорией алгебраических полей?» Вот, после этого я понял, что назад дороги нет, и мы... и диссертацию нужно делать. И вот эту диссертацию Инна Александровна представила на ваш суд, и я вас призываю поддержать ее и эту работу, потому что работа хорошая, по-моему, и поддержать ее квалификацию, потому что по моему убеждению квалификации она вполне заслуживает. Спасибо.

Председатель:

Спасибо, Игорь Львович. Михаил Михайлович, тогда мы ознакомимся с отзывами, которые поступили.

Ученый секретарь:

Уважаемые коллеги, на разосланный автореферат поступили отзывы... Все отзывы положительные, с вашего позволения я остановлюсь только на замечаниях, которые были в этих отзывах сформулированы. Первый отзыв поступил от Смирнова Евгения Борисовича, кандидата технических наук, это Российский федеральный ядерный центр имени Забабахина. В качестве недостатка работы можно отметить «то, что эффективный сдвиг фазовых границ плавления и перехода между двумя кристаллическими решетками на исходной фазовой диаграмме, рассчитанный в работе на основе введения понятий эффективного заряда макроиона и разделения микроионов на свободные и связанные, следовало бы рассчитать для различных значений радиуса макроиона». Второй отзыв поступил из Объединенного института высоких температур, подписан доктором физ.-мат. наук Ваулиной Ольгой Станиславовной. Отзыв положительный, в качестве недостатка работы можно отнести «то, что значительная часть цитированных в автореферате источников литературы была опубликована более пятнадцати-двадцати лет назад, и могла потерять свою актуальность». Третий отзыв поступил из Объединенного института высоких температур, подписан доктором физ.-мат. наук Хомкиным Александром Львовичем, отзыв положительный, имеются следующие замечания: «В одной из рассмотренных моделей используется представление о дебаевском механизме экранировки. Для этого необходимо, чтобы радиус Вигнера-Зейтца всегда был меньше радиуса Дебая (структурный параметр меньше единицы). В тексте автореферата это обстоятельство специально не оговорено. В работе не обсуждается связь рассмотренных моделей с реальными объектами: пылевой плазмой и так далее. Желательно сравнение с экспериментом». Также, поступил отзыв из Объединенного института высоких температур от доктора физ.-мат. наук Жуховицкого Дмитрия Игоревича, отзыв положительный, имеется следующее замечание: «В главе 4, где исследуется влияние нелинейности экранирования заряда макроионов на параметры плазмы, полученные соотношения необоснованно обобщаются на двухтемпературную систему, для которой распределение Больцмана для микроионов, использованное при выводе этих соотношений, не имеет места. В данной неравновесной системе, вообще говоря, не справедливы также и термодинамические соотношения». Пятый отзыв поступил из немецкого... из Института физики материалов в космосе Немецкого аэрокосмического центра, подписан кандидатом физ.-мат. наук Храпаком Сергеем Алексеевичем. Отзыв положительный, имеются замечания: «Я не увидел в автореферате того, что заряд пылевых частиц в комплексной плазме не фиксирован, а может например изменяться при изменении концентрации частиц. Это может иметь влияние на термодинамику и заслуживает изучения. Отрицательность термодинамических величин для систем Дебая-Хюккеля связана с учетом вклада нейтрализующего фона (давление и энергия расталкивающихся частиц будут очевидно всегда положительными). Можно было бы обсудить, при каких условиях учет фона необходим, а при каких условиях термодинамических свойств однокомпонентной системы достаточно. Наконец, было бы интересно обсудить возможную верификацию полученных результатов в экспериментах (с примером необходимых условий, параметров плазмы и частиц и т.д.)» Шестой отзыв поступил из университета Принстон, школа инженерии и прикладной науки, подписан доктором физ.-мат. наук Стариковским Андреем Юрьевичем. Отзыв положительный, имеется следующее замечание: «следует отметить, что в работе Инны Александровны Мартыновой учет эффекта нелинейного экранирования реализован в модификация модели корреляционной полости лишь внутри этой полости, в то время как вне этой полости расчет самосогласованного потенциала оставлен в линеаризованном (дебаевском) приближении, что несколько нарушает логику учета эффекта

нелинейности». Также, был еще отзыв от Карасева Виктора Юрьевича, отзыв положительный, вот, но, к сожалению, оформлен он с некоторыми нарушениями в заключительной... заключительном слове...

Председатель:

Мы его не подшиваем.

Ученый секретарь:

Мы его не подшиваем к делу, но Виктор Юрьевич рекомендовал эту работу. В качестве ведущей организации, был, значит, Государственный научный центр Троицкий институт инновационных и термоядерных исследований, и с вашего позволения полностью отзыв зачитывать я не буду, он на шести листах, только кратко расскажу о том, что в этом отзыве содержится, и подробно, значит, зачитаю замечания. В отзыве обсуждается объем и структура диссертации, обозначена тема диссертации, научная новизна работы, научная значимость и практическая, а также апробация работы. При этом сделаны следующие замечания. Первое: «Требуется пояснения утверждение, что «для (безразмерной) поправки к давлению возникает неопределенность в вопросе о том, учитывать или нет в определении давления системы, как производной от свободной энергии по удельному объему, зависимость потенциала межчастичного взаимодействия (1.2) от плотности». При вычислении как внутренней, так и свободной энергии системы должны быть учтены эта зависимость, а также переменность или постоянство числа микроионов, и никаких неопределенностей не должно возникать.» Второе: «Не совсем понятно утверждение, что, цитата, «поскольку фазовая диаграмма однокомпонентной системы Юкавы (с фиксированным радиусом экранирования) в переменных температура-концентрация получена путем перестроения фазовой диаграммы в переменных k и Γ , на ней отсутствует скачок плотности, который должен наблюдаться в фазовых переходах первого рода.» Цитата закончена. «Выше в диссертации сказано, что при фазовом переходе должны быть постоянными температура, свободная энергия и давление. В двух соседних точках с разных сторон от фазовой диаграммы первые две величины равны, а давление, как справедливо написано выше, нет. Поэтому эти две точки не могут лежать на «траектории» фазового перехода и, следовательно, нельзя утверждать, что скачка плотности при фазовом переходе не будет.» Третье: «Нужно пояснить, из какого условия найдено значение третьей константы φ , равной kT -итое, отнесенное к e , в общем уравнении Гельмгольца в конечной ячейке и в чем физический смысл этого условия. Плохое согласие распределений потенциала и концентрации ионов в ячейке Зейтца-Вигнера в рамках линеаризованной теории Дебая-Хюккеля и на основе решения уравнения Пуассона-Больцмана связано именно с этим условием, которое приводит к неравенству концентрации ионов на внешней границе ячейки Зейтца-Вигнера при этих двух подходах» (например, смотри рисунки 31-35). «Также не указано, каким методом решалось нелинейное уравнение Пуассона-Больцмана.» Тем не менее, «отмеченные недостатки не влияют на общую положительную оценку рассматриваемой диссертации. Полученные в ней результаты и выводы обоснованы и достоверны», а соискатель заслуживает присуждения искомой ученой степени, значит, отзыв заверен кандидатом физ.-мат. наук Ежовым, и стоит, значит, подпись генерального директора ТРИНИТИ Маркова.

Председатель:

Так, спасибо, Михаил Михайлович. Инна Александровна, Вы как, по пунктам?..

Мартынова И.А.:

Можно по пунктам. Мне с ведущей организации начать или с отзывов на автореферат?

Председатель:

Как Вам удобнее. Как нам удобнее будет, что понять...

Мартынова И.А.:

Тогда с ведущей.

Председатель:

Для того, чтобы, если возможно, суммировать замечания.

Мартынова И.А.:

Итак, замечания ведущей организации. Первое. Потенциал межчастичного взаимодействия (1.2) представлен на слайде. Это дебаевский потенциал. А, я согласна, что внутренняя энергия и свободная энергия являются, а, в них должна учитываться... учтена связь от параметров, но дело здесь в том, что когда мы рассчитываем давление как производную от свободной энергии по объему возникает неопределенность в двух работах, основных, на которые я опиралась. А именно здесь сделан переход от дифференцирования по объему к дифференцированию по безразмерным переменным κ и Γ . Как раз на основе того закона соответственных состояний, о котором я говорила. И в работе Хамагучи и его коллег эта зависимость учитывается, а в работе Сергея Алексеевича Храпака и его коллег эта зависимость не учитывается. Поэтому получаются вот как раз и разные уравнения состояния. И в некотором смысле разные выводы. Второе замечание. В работе Хамагучи на границе фазового перехода были равные температуры, концентрации и свободные энергии Гельмгольца. В общем случае должны быть равны температура, давление и свободные энергии Гиббса. И, что касается того... точек, в которых должно быть одинаковое давление, то это в некотором случае не совсем соседние точки, а вот они... (показывает на слайде). Граница фазового перехода идет вот так по диагонали. И вот в этих точках и должны быть равны температура, давление и свободные энергии Гиббса. Третий вопрос. Пояснение константы. Значит, записывалось уравнение Пуассона с применением распределения Больцмана, и дальше потенциал расписывался в виде двух таких... Вот это вот φ_1 , произвольная константа, и мы ее выбираем таким образом. Тогда уравнение, которое выше у нас находится, переписывается вот в таком виде, и из теории дифференциальных уравнений общее решение можно записывать так, как это на последней строчке сказано. Что касается распределений микроионов, то мы видим, что черная кривая в левой части... находится намного выше. То есть там наблюдается налипание, то, что... Наблюдается то, что микроионов становится очень много вокруг макроиона. А также должно выполняться условие электронейтральности, то есть площадь должна быть под черной кривой и под красной кривой одинаковая, поэтому красная кривая в правой части находится ниже. Ну и по поводу того, как решалось уравнение Пуассона-Больцмана, то этот вопрос мы уже оговаривали. Если вопросов нет, то я перейду к отзывам на автореферат. Отзыв на автореферат Ваулиной. Про то, что значительная часть источников, цитированных в автореферате, достаточно давняя. Ну, опять же основной источник, основные источники цитирования – это работа Хамагучи, и насколько я знаю, фазовая диаграмма, которая там приведена, это работа 1997 года, она актуальна и по сей день, и она планомерно переносится из обзора в монографию, в статью, и до сих пор все для нее проводят расчеты. Один из последних, которые я помню, был буквально за последние года четыре, граница стеклования была рассчитана. А работа Сергея Алексеевича Храпака и его коллег, это работа 2014-го года. Отзыв на автореферат Хомкина. Радиус Вигнера-Зейтца всегда должен быть меньше радиуса Дебая. Если в дебаевском радиусе есть макроионы, то, конечно, он должен быть меньше, то есть, наоборот, больше радиуса Вигнера-Зейтца. У нас рассматривалась ситуация... И это всегда выполнялось в нашей работе. Рассматривалась ситуация, когда в дебаевском радиусе были только микроионы, и в этом смысле... Такое нехитрое условие, то, что в дебаевской сфере экранирования должны быть как раз эти микроионы, чтобы экранировать, их должно быть много. То есть вот это вот величина должна быть большая. Как обычно в учебниках пишут, хотя бы равная единице, хотя бы кто-то там должен быть. Это ведет к тому, что дебаевский радиус кулоновской неидеальности через переменный параметр дебаевского экранирования и маделунговский параметр кулоновской неидеальности связаны между собой, связаны с количеством вот этих вот самых микроионов в дебаевской сфере. Вот в определении средней... модели средней сферической ячейки получалось, что вот эти вот параметры, они меньше единицы, причем здесь приведены самые максимальные параметры, то есть для максимального заряда и те,

которые... параметры локальные, которые находятся... рассчитаны на границе макроиона, то есть концентрация взмывает вверх, и там самые большие значения этих параметров. Что касается приближения корреляционной полости, то там эти параметры около единицы, и тоже они рассчитаны при самом большом заряде и при самой высокой плотности, и потом практически сразу эти параметры падают, и дебаевское приближение выполняется. Отзыв на автореферат Жуховицкого. О необоснованном обобщении результатов на двухтемпературную систему. Мы действовали в предположении, что, во-первых, система микроионов равновесная и температура везде одна и та же, и заряд макроионов фиксирован. В этом случае тогда мы можем рассматривать распределение Больцмана с температурой микроионов, и при этом еще следует сказать, что масса макроиона намного больше, вследствие того, что масса макроиона большая, температура макроионов в больцмановском распределении микроионов не участвует. Однако если мы рассмотрим частично неравновесную систему, где, тем не менее, заряд фиксирован, то тогда нужно будет рассматривать отдельно подсистему макроионов с температурой макроионов, и отдельно подсистему микроионов со своей температурой, и, например, при расчете давления там будет две идеально-газовые части, каждая со своей температурой. Отзыв на автореферат Смирнова о том, что ... То, что эффективный сдвиг фаз границ было бы хорошо рассчитать для разных значений радиуса макроиона. Полностью согласна с этим замечанием. В работе рассматривался только один характерный радиус – 1 микрон. Отзыв на автореферат Сергея Алексеевича Храпака. Состоит из трех частей. Первая часть – то, что заряд пылевых частиц может меняться. И да, действительно мы это уже обговаривали, и в КДФ-плазме, несмотря на то, что система равновесная заряд тоже меняется, но это более сложная аналитическая задача, и она не вошла в эту работу. Следующее, я бы сказала, предложение – «можно было бы обсудить, при каких условиях учет фона необходим, а при каких условиях термодинамических свойств однокомпонентной системы достаточно». Свойств однокомпонентной системы достаточно, если мы хотим рассмотреть структуру макроиона, а если мы хотим поговорить о фазовом расслоении, то тогда учет фона необходим. И «было бы интересно обсудить возможную верификацию полученных результатов в экспериментах». В данной... Согласно с этим замечанием в данной работе была проведена верификация только с учетом численных экспериментов, с учетом реальных экспериментов верификации проведено не было. Отзыв на автореферат Стариковского. Замечание заключается в том, что необходимо, что можно было бы учесть эффект нелинейного экранирования за пределами корреляционной полости. Да, я согласна с этим замечанием. Однако вклад этой части распределения достаточно мал в общем, потому что основная, основное влияние эффекта нелинейного экранирования как раз вблизи макроиона, то есть внутри корреляционной полости.

Председатель:

Вы закончили?

Мартынова И.А.:

Да.

Председатель:

Так, теперь мы переходим уже к оппонентам. И первый у нас будет доктор физ.-мат. наук доцент Дубинов Александр Евгеньевич, Российский федеральный ядерный центр Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики. Да, пожалуйста. Значит, Вы совсем не обязаны зачитывать целиком свой отзыв.

Дубинов А.Е.:

Пять страниц читать не надо?

Председатель:

Не надо. Совсем необязательно. Так что Вы можете охарактеризовать, сказать, что Вы считаете важным...

Дубинов А.Е.:

Я скажу несколько слов, а замечания прочитаю. Ну, давайте представим себе такую ситуацию: обжимается плазма твердым поршнем, обжимается быстро, ударом, когда ударная волна выходит на поверхность поршня, в плазму начинают лететь частички этого вещества, и плазма тут же становится пылевой. Там частички, которые, то есть, заряжаются, и вот для описания таких процессов, которые исследуются в нашем институте, нужно знать уравнение состояния пылевой плазмы, ее термодинамические свойства, и как раз вот этим вопросам посвящена диссертация Инны Александровны. В литературе действительно много я встречал публикаций, которые рассматривают однокомпонентную систему, которая взаимодействует по потенциалу Юкавы. Инна Александровна стала изучать свои модели, которые более приближены, более адекватны к реальной ситуации, когда система является... состоит из нескольких компонент, и потенциал, вообще говоря, определяется самосогласованным образом из решения уравнения Пуассона-Больцмана без какой-либо линеаризации. И в результате этой работы удалось построить фазовые диаграммы однокомпонентной, двухкомпонентной, я так понял, трехкомпонентной системы, определить кривые фазовых переходов, переходов первого рода, определить скачки плотности, самое максимальное, я там обратил внимание, 10 процентов. Особенно мне вот понравились такие моменты как обнаружение, как они называют, «полосатой» структуры фазовой диаграммы, где если по изохоре идти, то система проходит флюид, солид, опять флюид при низких температурах, понравилось вот использование приближения эффективного заряда, который был меньше, чем реальный. Работа, я считаю, выполнена на очень высоком уровне, хорошо оформлена, написана хорошим языком, работа... В работе все выводы очень тщательно аргументированы, апробация сделана с большим количеством статей в зарубежных журналах и конференциях. Кстати, я скажу, что недавно Инна Александровна сделала большой доклад по своей работе в нашем институте, который был... на нашем институтском семинаре, который был одобрен. Ну, в общем-то очень приятное было чтение. Ну, замечаний у меня три. Я их зачитаю. К замечаниям по работе можно отнести следующее. На странице 14 диссертации указано, что, цитирую, «Понятие «комплексная плазма» традиционно используется для обозначения целого семейства объектов и включает в себя несколько различных видов асимметричной по заряду плазмы. Среди них есть коллоидная плазма, термически равновесная плазма с конденсированной дисперсной фазой (КДФ-плазма), газоразрядная пылевая плазма и пылевая плазма серебристых облаков, и другие. В данной работе все эти виды плазмы будут рассматриваться...». Вместе с тем, в диссертации рассмотрены только 1-компонентная система Юкавы (пункт 2.1), 2-компонентная система «макроион-микроион» (пункт 2.2, главы 3, 4) и 3-компонентная система (два сорта макроионов одного знака заряда и 1 сорт микроиона с противоположным по знаку заряда) (пункт 4.4). Пылевая же плазма, являющаяся 3-компонентной системой (пылинки, ионы и электроны), в работе осталась не рассмотренной. Второе замечание: на странице 14 «приведены типичные параметры пылевой плазмы, опять цитирую, концентрация макроионов 10^3-10^9 см⁻³, абсолютное значение зарядового числа макроиона 10^3-10^4 , температура макроионов 1–2 эВ, температура положительно заряженных микроионов 0,03 эВ, температура электронов (отрицательно заряженных микроионов) 1–7 эВ, радиус макроиона $R_z \sim 1-100$ мкм.» Непонятно происхождение столь высокого значения температуры пылинок, которая заметно превышает температуру ионов. Где источник энергии для пылинок? И третье замечание. Использование нестандартной терминологии несколько затрудняет понимание диссертации. Например, в содержании пункт 4.4 озаглавлен: «Термодинамика смешения в комплексной плазме с двумя сортами макроионов». Непонятно, что означает термин смешение. Он многократно использован в диссертации. И только в середине пункта 4.4 узнаем, что речь идет о перемешивании компонентов при слиянии элементарных ячеек. Следовало бы использовать термин «смешивание», так как термин «смещение» образован

от другого глагола. Однако изложенные здесь замечания не умаляют теоретических и практических результатов диссертации и той высокой оценки, которую она заслуживает. Оценивая диссертационную работу Инны Александровны в целом, следует заключить, что автором выполнен большой объем весьма сложных и трудоемких расчетов, в результате которых был получен ценный научный материал. Представленная работа имеет неоспоримую научную и практическую ценность. Диссертация Мартыновой удовлетворяет требованиям пункта 9 Положения «О порядке присуждения ученых степеней», так как она представляет собой завершенную научно-квалификационную работу, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых можно классифицировать как решение задачи, имеющей существенное значение для физики плазмы, а именно – получены новые расчетно-теоретические данные о термодинамических характеристиках комплексной плазмы. Еще один абзац. Учитывая актуальность, высокий научный уровень, новизну, достоверность полученных результатов и их практическую ценность, следует заключить, что диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям, предъявляемых к кандидатским диссертациям, а ее автор Мартынова Инна Александровна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.08 «Физика плазмы».

Председатель:

Спасибо большое, Александр Евгеньевич. Ваш отзыв несомненно тоже соответствует всем требованиям, так что спасибо большое, и, Инна Александровна, пожалуйста.

Мартынова И.А.:

Первое замечание по поводу пылевой плазмы как системы пылинок, ионов и электронов. Полностью согласна с этим замечанием. Но я хотела сказать, что учет электронов как одноименно заряженных частиц вместе с макроионами, то есть отрицательных, не может иметь сильного вклада в эффект нелинейного экранирования. Второе замечание: «Непонятно происхождение столь высокого значения температуры пылинок, которая заметно превышает температуру ионов.» Здесь есть две температуры – температура поступательного движения макроионов и температура внутриатомная. Когда говорят 1-2 электронвольта как характерное значение, это температура поступательного движения, и она получается в результате того, что электроны ускоряются в разряде и сталкиваются с макроионами. Поэтому у них такая высокая температура. Насчет третьего пункта по поводу смешивания – я абсолютно согласна.

Председатель:

Так, спасибо. Значит, тогда мы переходим ко второму оппоненту. Доктор физ.-мат. наук, профессор Александр Михайлович Игнатов, Институт общей физики имени Прохорова Российской академии наук, пожалуйста.

Игнатов А.М.:

Так, я, с вашего позволения, коллеги, не буду, конечно, зачитывать отзыв, не буду повторять содержание диссертации, у вас есть человек, все, что она рассказывала, написано в тексте. Вот, что на мой взгляд, здесь самое существенное. Самое существенное – это, конечно, вещь... Она с самого начала четко разделяет понятие системы Юкавы, потенциала Юкавы и системы дебаевской, потенциала Дебая, значит, в связи с тем, что любые изменения параметров в случае внешних... в случае юкавской системы одни, с потенциалом взаимодействия дебаевским – другие. И очень огромное количество работ в теории плазмы, именно пылевой, которые этим грешат. С другой стороны, она обращает внимание на то, что есть потенциал Дебая, который сам для себя может зависеть от кучи параметров, но это правильно, на это действительно надо обращать внимание, ну вот это, по-моему, основной такой методический... основное методическое достоинство, которое... вот эта идея... прослеживается по всему тексту диссертации. Теперь вот о чем она, собственно. Здесь было много вопросов, замечаний. Она на самом деле... Я бы не сказал, что она априори о пылевой плазме. Значит, вот в таком чистом виде она, конечно,

применима к коллоидной плазме, когда мы четко знаем, что у нас есть термодинамическое равновесие, что все вот эти самые свободные энергии и прочее мы как-то умеем считать. И верим в то, что они есть. В какой-то степени вот плотная плазма, о которой в начале Александр Евгеньевич говорил, это он так образно рассказал, о поршне разрушающем... Плотная плазма с конденсированной дисперсной фазой, ну мы там тоже можем надеяться, что у нас там есть локальное термодинамическое равновесие, хотя выясняется, что далеко не всегда это так. Ну, вот, конечно, газоразрядная плазма, значит, она уж совсем никак не о равновесии в термодинамике, но, с другой стороны, если мы говорим об экспериментах с пылевыми частицами, очень часто бывает так, что они живут своей жизнью в плазме, эти пылинки... то есть пылинки получают заряд, вот, и как-то они взаимодействуют, и можно говорить, скажем, о теплопроводности пылевого компонента, а на плазму не обращать никакого внимания, хотя в обычных условиях, конечно, мы не можем говорить о теплопроводности одного газа, скажем, смеси... смесь гелия с ксеноном, и говорим о теплопроводности гелия и ксенона. Вот, значит, ну, правда, должен сказать, что это оговорено в диссертации, и с этим она согласна. Вообще говоря, это представление здесь используется, они разбираются в обосновании для газоразрядной плазмы или такой экзотике как пылевые серебристые облака. Значит, ну вот первое мое замечание, я не буду его зачитывать, или второе по порядку, это неважно, оно как раз логическое продолжение вот этой вот самой идеологии, насчет, ну, как посмотреть, внешние параметры влияют на потенциал взаимодействия, но они дальше влияют и на заряд, причем это, вообще говоря, даже и в коллоидах бывает, то есть механизм формирования зарядов у коллоидов, обычно электрохимия используется, так же, как у батарейки. Понятно, что напряжение на батарейке зависит от внешней температуры, поэтому для зарядов макроионов... он вообще зависит от температуры, довольно слабо, но эти вещи исследовались, может быть, их где-то надо учитывать. Вот, ну и тем более этот заряд, самих макроионов заряд, значит, пылевой частицы, он зависит, естественно, в плазме с плотной конденсированной фазой, и в пылевой плазме, ну, конечно, может довольно существенно зависеть от окружающей среды и многих... Ну, это, я повторю, это ни есть в каком-то смысле упрек, это в таком направлении имело бы смысл двигаться дальше, это термодинамика... То есть термодинамика, которая бы учитывала еще одну степень свободы. То есть на самом деле в кинетике это делают. Так, другое замечание. При учете эффекта нелинейного экранирования макроионов в асимметричной комплексной плазме концентрация микроионов вблизи границы макроиона может оказаться достаточно высокой, в связи с чем в этом случае необходимо учитывать влияние корреляций микроионов друг с другом. Так, ну тут два аспекта на самом деле. Если мы смотрим действительно плотную плазму с большой концентрацией, скажем, макроионов, то, конечно, корреляции нужно учитывать, а другой аспект, что в той модели, которая была использована при описании нелинейной экранировки, вообще говоря, не работает метод суперпозиции, то есть вы не можете посчитать, скажем, потенциал точечного заряда, пускай в какой-то нелинейной модели, это совсем не означает, что эффективное взаимодействие двух частиц будет описываться тем же потенциалом. Это отдельная задача. То есть либо мы решаем задачу, такую, что мы честно считаем полную силу, либо мы считаем потенциал для одной хорошо сильно заряженной частицы и смотрим электрическое поле, а электрическое поле – это сила, действующая на бесконечно малый пробный заряд. Вот, то же самое вылезает для трехчастичных корреляций, суперпозиция соответственно (неразборчиво) для парного потенциала. Значит, эти вещи не очень хорошо изучены в коллоидах, но вот, скажем так, они, например, встречаются в ядерной физике, в теории ядра, в нейтронных звездах. То есть подобный эффект там обсуждается, и они там весьма существенны. Ну, там еще есть какая-то опечатка, я о ней не буду. Вот, ну, а в целом же, диссертация хорошая, я бы вот еще одну особенность отметил, ну это ... она все больше и больше, вот эти диссертации склоняются к европейскому типу. Если, скажем, в старые времена диссертацию писали для себя, просто чтобы не забыть, что ты наделал, то сейчас диссертация пишется с целью

продемонстрировать квалификацию. Это, видимо, требования ВАКа, кандидатская диссертация – это вершина высшего образования, вот, и, видимо, это отражается на самом стиле написания. Вот это такой европейский стиль, с целью продемонстрировать свою квалификацию. Вот, она удовлетворяет всем нужным пунктам всех нужных Положений, и я призываю единодушно Инну Александровну поддержать.

Председатель:

Спасибо большое. Инна Александровна, можете ответить.

Мартынова И.А.:

Замечание по поводу фиксированного заряда макроиона комплексной плазмы. Действительно, он рассматривался только фиксированным. Ну, мы это обсудили уже несколько раз. Если Вы позволите, я не буду повторять. По поводу учета корреляций в приповерхностном слое макроиона – это достаточно сложная задача, она не была включена в диссертационную работу, но прямо, что называется, параллельно, с опорой на научные работы моего научного руководителя сейчас ведется расчет этих самых корреляций вблизи макроиона. Ну, и по поводу опечатки я полностью согласна. Была.

Председатель:

Хорошо, спасибо большое. Время для дискуссии, пожалуйста. Кто хочет высказаться? Эдуард Евгеньевич, пожалуйста.

Сон Э.Е.: Об Инне я хотел сказать, первое, вот Игорь Львович вначале рассказал о том, какой она человек, я бы хотел добавить то, что я знаю, и то, что он не сказал. Значит, ну первое, Инна принадлежит к научной династии, то есть у нее отец – научный сотрудник, который работает в Сарове или в Арзамасе-16, как угодно называйте, я с ним встречался на последней конференции на Харитоновских чтениях, и те работы, о которых говорил Игорь Львович, значит, они мне... У меня есть три книги, которые написаны в соавторстве по алгебраическим полям, и чтобы было понятно, откуда растут, это работы, которые она выполняла с коллективом, который возглавляет (кашель, неразборчиво), поэтому эти работы вот так и появились. Теперь вот, что касается этой работы, то я бы хотел здесь сказать следующее: что Игорь Львович является всемирно известным специалистом в области термодинамики плазмы, ее научный руководитель, и поэтому когда у него появилась новая аспирантка, то интерес появился к комплексной плазме, а комплексной плазмой называется, там на первых слайдах было... Это и пылевая плазма, и конденсированная КДФ-плазма, то есть целый ряд плазм, значит, входят в это определение. Вот, и поэтому ясно, что интересы Игоря Львовича, который занимался термодинамикой плазмы, получить свои знания, распространить на область комплексной плазмы. Была задача, я ожидал увидеть даже еще одну главу, но я ее не увидел, может, она еще предстоит в будущем, по-видимому, неконгруэнтные фазовые переходы в комплексной плазме. Значит, это тоже на будущее. Поэтому тематика, она определена, руководитель является вполне квалифицированным, она выполнила то, что хотела. То, что касается конкретных работ, то есть определенное время, отведенное на кандидатскую диссертацию, и любая работа должна начинаться с того, что составляется хороший критический обзор того, что сделано раньше. И поэтому вот эта часть, и в тех случаях, где задача не доделана или, наоборот, требуется новое, вот там она и проявила свои знания, применила и решила эти задачи. Кстати, если говорить о дебаевском параметре, о котором она много говорила, то, Γ на температуру, в равновесной плазме ионизация начинается при высоких температурах, поэтому температура должна быть большая величина, и параметр неидеальности не является небольшим, а в комплексной плазме ситуация часто бывает такой, что в электрическом разряде температура электронов, например, холодная или ионов холодная, то поэтому соответствующий параметр является сильно заниженным, поэтому учет нелинейных эффектов или других, которые были рассмотрены, в этой ситуации они представляются важными, поэтому дальше мне бы хотелось сказать, что кроме того, что на Ученом совете мы рассматривали, и члены нашего совета оценивали эту диссертацию, я присутствовал на многих из тех мероприятий, о которых говорил

Игорь Львович, а именно почти на каждой эльбрусской конференции, вот и Инна там со своими докладами, либо всегда выступает с докладами, там устный доклад, там нет понятия пленарный доклад, с устными докладами она выступает, стендовые доклады там всегда были представлены, и вот Владимир Евгеньевич Фортов, который на всех конференциях тоже присутствует, он всегда обходит и обращает внимание на те работы, которые наиболее интересны, и вступает в обсуждение. Вот, она дискутировала, в том числе, и с ним. Вот поэтому мне кажется, что то, что она сделала, вполне заслуживает присуждения степени... (неразборчиво).

Председатель:

Еще кто-нибудь хочет что-то сказать?

Грязнов В.К.:

Я хотел бы... Это, конечно, работа интересная, важная, фазовые переходы в системах – это вещь такая, весьма актуальная. Теперь немного хочу сказать про Инну, вот, хочу отметить ее упорство, я имел возможность наблюдать это в общении с научным руководителем, косвенно оно такое где-то на грани, тем не менее эта вещь очень важная.

Председатель:

До защиты все дожили.

Грязнов В.К.:

Да, все дожили. Вот, на самом деле работа широко обсуждалась, отчасти этому служит, значит, я считаю, блестящее знание английского, и нам всем бы вот поучиться так говорить, как Инна говорит у нас на английском, мы это наблюдали много раз, поэтому, так сказать, аудитория для обсуждения работы вообще была весьма широка. Теперь хотел бы отметить, что для кандидатской диссертации, вот если посмотреть список работ, выполненных по диссертации, он такой очень крепкий, что называется, в хороших журналах есть публикации, и, так сказать, ну, в общем, в хороших очень изданиях. Ну, и я в общем, подводя итог, хотел бы всех призвать голосовать за, за то, чтобы присвоить Инне Александровне вот эту вот степень.

Председатель:

Спасибо, Виктор Константинович. Еще есть желающие высказаться? Если нет, то я думаю, что это можно расценивать как то, что вопрос ясен, и тогда мы переходим к заключительному слову, Инна Александровна, если оно у Вас есть.

Мартынова И.А.:

Да. Заключительное слово у меня есть. Во-первых, я хочу поблагодарить Игоря Львовича за предложение с ним поработать, за нашу работу и за его огромное терпение. Во-вторых, я хочу поблагодарить всех участвовавших и задававших каверзные вопросы на протяжении всей моей работы, потому что они очень сильно помогают улучшить эту самую работу. И, в-третьих, я хочу поблагодарить всех членов своей семьи за моральную поддержку.

Председатель:

Хорошо, спасибо. Ну а мы переходим к заключительной части, которая не может функционировать без счетной комиссии, поэтому решили предложить Грязнова В.К., Дьячкова Л.Г. (*председатель счетной комиссии*) и Еремина А.В. в комиссию, если нет... Нет возражений? (*Счётная комиссия выбирается единогласно*). Проголосовать. (*Проводится процедура тайного голосования*)

Председатель:

Уважаемые члены Совета! Давайте послушаем результаты.

Дьячков Л.Г.:

Я не буду все зачитывать, оглашу результат. Значит, присутствовало на заседании 22 человека, по профилю рассматриваемой диссертации 11, бюллетеней роздано 22, осталось нерозданных 9, в соответствии в урне было 22. Ну, и результаты голосования, «за» - 22, то есть все, «против» - 0 и недействительных 0.

Председатель

Лев Гаврилович, спасибо большое. Мы должны утвердить. Против нет? Воздержавшихся нет? (*Протокол счетной комиссии утвержден единогласно*). Спасибо большое, поздравляем. Переходим к обсуждению проекта заключения. Есть замечания, пожелания? (*Члены диссертационного совета обсуждают проект заключения*). Если больше нет желающих обсуждать проект, тогда мы должны его проголосовать с теми замечаниями, которые были высказаны. Кто за заключение с замечаниями, которые были указаны? Кто против? Нет. Кто воздержался? Нет. Спасибо, принято единогласно. (*Проект заключения принят единогласно*).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.110.02, СОЗДАННОГО 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 11.12.2019г. № 10

О присуждении Мартыновой Инне Александровне, гражданке Российской Федерации ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Расчетно-теоретическое исследование термодинамических свойств комплексной плазмы» по специальности 01.04.08 – физика плазмы принята к защите 08.10.2019г., (протокол заседания № 6) диссертационным советом Д 002.110.02, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук (125412, г. Москва, Ижорская ул., д. 13, стр. 2, (495) 485-8345, jiht.ru), утвержденного Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 105/нк от 11.04.2012г.

Соискатель Мартынова Инна Александровна 1991 года рождения, в 2015 году окончила Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский физико-технический институт (государственный университет)».

Работает в должности научного сотрудника лаборатории № 17.3 – активных кулоновских систем Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук.

В 2019 году окончила очную аспирантуру Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)».

Диссертация выполнена на кафедре физики высоких плотностей энергии Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московского физико-технического института (национального исследовательского университета)».

Научный руководитель доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник лаборатории №1.5 - экстремальных энергетических воздействий Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук старший научный сотрудник Иосилевский Игорь Львович.

Официальные оппоненты:

- доктор физико-математических наук, доцент, заместитель директора Научно-производственного центра физики ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» по НИР Федерального государственного унитарного предприятия «Российский федеральный ядерный центр –

Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики» Дубинов Александр Евгеньевич:

- доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник Теоретического отдела Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук Игнатов Александр Михайлович

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Акционерное общество «Государственный научный центр Российской Федерации Троицкий институт инновационных и термоядерных исследований» (г. Москва) в своем положительном заключении, составленном ведущим инженером д.ф.-м.н. Филипповым А.В. (утвержденном 25.11.2019г. генеральным директором д.т.н. Марковым Д.В.) указала, что научная значимость работы состоит в установлении факта влияния нелинейного экранирования на термодинамику и положение фазового состояния на фазовой диаграмме комплексной плазмы, а также в изучении термодинамики мало исследовавшейся ранее комплексной плазмы с двумя сортами макроионов.

Результаты диссертации могут быть рекомендованы для использования в следующих организациях: ОИВТ РАН, ИОФ РАН им. А.М. Прохорова, ИПХФ РАН, АО «ГНЦ РФ ТРИНИТИ», МФТИ(НИУ), Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Исследовательский центр им. М.В. Келдыша, НИИЯФ им. Д.В. Скобельцына и др.

Соискатель имеет 46 печатных работ, из них 11 статей в рецензируемых журналах (из них 9 статей опубликованы в журналах, которые в настоящее время рецензируются ВАК по направлению 01.04.08 – физика плазмы, список приведен в конце автореферата), 14 докладов и 21 тезис докладов в сборниках трудов конференций:

1. Martynova I., Iosilevskiy I. Effect of the non-linear screening on a modification of the Debye-Hückel plus hole approximation in complex plasma // Contributions to Plasma Physics. – 2019. – V. 59, № 4-5. – P. 1-6.

2. Martynova I., Iosilevskiy I. Effect of non-linear screening on thermodynamic properties of complex plasma // Journal of Physics: Conference Series. – 2019. – V. 1147. – P. 012107.

3. Martynova I., Iosilevskiy I., Shagayda A. Effect of nonlinear screening on a complex plasma phase state // IEEE Transactions on Plasma Science. – 2018. – V. 46, № 1. – P. 14–18.

4. Martynova I., Iosilevskiy I., Shagayda A. Non-linear screening and phase states of a complex plasma // Contributions to Plasma Physics. – 2018. – V. 58, № 2–3. – P. 203–208.

5. Martynova I., Iosilevskiy I. Non-linear charge screening and interaction energy of macroions in complex plasma // Journal of Physics: Conference Series. – 2018. – V. 1094. – P. 012032.

6. Martynova I., Iosilevskiy I., Shagayda A. Macroions non-linear screening in complex plasma // Journal of Physics: Conference Series. – 2018. – V. 946. – P. 012147.

7. Martynova I., Iosilevskiy I. Features of Phase Transitions in Models of Complex Plasma // Contributions to Plasma Physics. – 2016. – V. 56. – P. 432–441.

8. Martynova I., Iosilevskiy I. Problem of phase transitions and thermodynamic stability in complex (dusty, colloid etc) plasmas // Journal of Physics: Conference Series. – 2016. – V. 774. P. 012173.

9. Martynova I., Iosilevskiy I. On melting density gap and non-congruence of phase transitions in models of dusty and colloid plasmas // Journal of Physics: Conference Series. – 2015. – V. 653. – P. 012141.

10. Мартынова И.А., Иосилевский И.Л. О кривой плавления и неконгруэнтности в коллоидной и пылевой плазме // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – Т. 22. – С. 147–151.

11. Мартынова И.А., Иосилевский И.Л. Пылевая плазма. Фазовые диаграммы, скачок плотности и неконгруэнтность фазовых переходов // Известия института инженерной физики. – 2014. – Т. 3, № 33. – С.39–44.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. **Федеральное государственное унитарное предприятие «Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт теоретической физики» имени академика Е.И. Забабахина»** (начальник лаборатории НИО-4 к.т.н. Смирнов Е.Б.) – отзыв положительный, с замечанием:

- в качестве недостатка работы можно отметить то, что эффективный сдвиг фазовых границ плавления и перехода между двумя кристаллическими решетками на исходной фазовой диаграмме, рассчитанный в работе на основе введения понятий эффективного заряда макроиона и разделения микроионов на свободные и связанные, следовало бы рассчитать для различных значений радиуса макроиона.

2. **Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Объединенный институт высоких температур Российской академии наук** (главный научный сотрудник лаборатории 14.1 – теории неидеальной плазмы д.ф.-м.н. Ваулина О.С.) – отзыв положительный, с замечанием:

- к недостаткам работы можно отнести то, что значительная часть цитированных в автореферате источников литературы была опубликована более пятнадцати-двадцати лет назад, и могла потерять свою актуальность.

3. **Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Объединенный институт высоких температур Российской академии наук** (главный научный сотрудник лаборатории 7.2 – теплофизических и кинетических свойств веществ д.ф.-м.н. Хомкин А.Л.) – отзыв положительный, с замечаниями:

- в одной из рассмотренных моделей используется представление о дебаевском механизме экранировки. Для этого необходимо, чтобы радиус Вигнера-Зейтца всегда был меньше радиуса Дебая (структурный параметр меньше единицы). В тексте автореферата это обстоятельство специально не оговорено.

- в работе не обсуждается связь рассмотренных моделей с реальными объектами: пылевой плазмой и т.д. Желательно сравнение с экспериментом.

4. **Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Объединенный институт высоких температур Российской академии наук** (главный научный сотрудник лаборатории 17.1 – плазменно-пылевых процессов д.ф.-м.н. Жуховицкий Д.И.) – отзыв положительный, с замечанием:

- в главе 4, где исследуется влияние нелинейности экранирования заряда макроионов на параметры плазмы, полученные соотношения необоснованно обобщаются на двухтемпературную систему, для которой распределение Больцмана для микроионов, использованное при выводе этих соотношений, не имеет места. В данной неравновесной системе, вообще говоря, не справедливы также и термодинамические соотношения.

5. **Institute of Materials in Space, Deutches Zentrum für Luft- and Raumfahrt (Институт Физики Материалов в Космосе, Немецкий Аэрокосмический Центр)** (ученый исследователь к.ф.-м.н. Храпак С.А.) – отзыв положительный, с замечаниями:

- я не увидел в автореферате того, что заряд пылевых частиц в комплексной плазме не фиксирован, а может например изменяться при изменении концентрации частиц. Это может иметь влияние на термодинамику и заслуживает изучения.

- отрицательность термодинамических величин для систем Дебая-Хюккеля связана с учетом вклада нейтрализующего фона (давление и энергия расталкивающихся частиц будут очевидно всегда положительными). Можно было бы обсудить, при каких условиях учет фона необходим, а при каких условиях термодинамических свойств однокомпонентной системы достаточно.

- наконец, было бы интересно обсудить возможную верификацию полученных результатов в экспериментах (с примером необходимых условий, параметров плазмы и частиц и т.д.).

6. Princeton University, School of Engineering and Applied Science (Университет Принстон, Школа инженерии и прикладной науки) (ведущий научный сотрудник д.ф.-м.н. Стариковский А.Ю.) – отзыв положительный, с замечанием:

- в качестве замечания следует отметить, что в работе И.А. Мартыновой учет эффекта нелинейного экранирования реализован в модификации модели корреляционной полости лишь внутри этой полости, в то время как вне этой полости расчет самосогласованного потенциала оставлен в линеаризованном (дебаевском) приближении, что несколько нарушает логику учета эффекта нелинейности.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается:

- д.ф.-м.н., доцент Дубинов А.Е. является ведущим ученым в области теоретической физики и физики плазмы, в том числе физики волновых процессов в пылевой плазме.

1. Dubinov A.E., Kitayev I.N. Backward and Sideward Waves of Space Charge in Neutralized Electron Flux // IEEE Transactions on Plasma Science, 46(8), pp. 2831-2833, 2018;

2. Dubinov A.E., Kitayev I.N. Backward ion-acoustic waves in plasma with unidirectional ion flow // Contributions to Plasma Physics, 57(9), pp. 373-376, 2017;

3. Dubinov A.E., Kitayev I.N. Can Ion-Acoustic Waves in Plasma Be Backward Waves? // Physics of Wave Phenomena, 25(2), pp. 137-139, 2017.

- д.ф.-м.н., профессор Игнатов Александр Михайлович является признанным специалистом в области физики плазмы, в том числе динамики пылевой плазмы.

1. Ignatov A.M. Collective Ion Drag Force // Plasma Physics Reports, 45(9), pp.850-854, 2019.

2. Ignatov A.M. Edge Wave Propagating along a Thin Plasma Layer // Plasma Physics Reports, 44(10), pp.926-932, 2018.

3. Ignatov A.M. Oscillations of a molecular dusty-plasma crystal // Plasma Physics Reports, 43(11), pp.1072-1079, 2017.

- Акционерное общество «Государственный научный центр Российской Федерации Троицкий институт инновационных и термоядерных исследований» является известным в России и за рубежом своими результатами и достижениями центром научных исследований в области управляемого термоядерного синтеза, физики плазмы, лазерной физики и техники. Результаты проводимых там исследований обладают высокой степенью новизны, крайне актуальны и имеют обширную сферу применения. Во-первых, они имеют фундаментальное значение для физики плазмы, Во-вторых, они находят свое применение при разработке термоядерных реакторов, приборов и устройств для диагностики высокотемпературной плазмы и твердых тел, плазменных ускорителей, новых технологических процессов с использованием плазменных потоков и лазерного излучения и т.д.

1. Решетняк В.В., Филиппов А.В. Свойства кристаллов и жидкости Юкавы в условиях жидкого равновесия // Журнал экспериментальной и теоретической физики, том 156, выпуск 3(9), с. 545-556, 2019.

2. Филиппов А.В., Дербенев И.Н., Куркин С.А. Экранирование в многокомпонентной плазме на примере плазмы влажного воздуха // Журнал экспериментальной и теоретической физики, том 152, выпуск 5(11), с. 1131-1143, 2017.

3. Филиппов А.В., Загородний А.Г., Момот А.И., Паль А.Ф., Старостин А.Н. Исследование экранирования заряда макрочастиц в неравновесной плазме на основе столкновительной кинетической модели точечных стоков // Журнал экспериментальной и теоретической физики, том 152, выпуск 5(11), с. 1088-1103, 2017.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

1) Впервые проведена теоретическая оценка величины скачка плотности вдоль всей границы плавления и получена аналитическая зависимость скачка плотности на границе плавления от параметров κ и Γ на этой кривой. Максимальный скачок плотности составил около 10%.

2) Предложена оригинальная научная гипотеза, что положение границ фазового состояния равновесной электронейтральной резко-асимметричной классической двухкомпонентной системы на фазовой диаграмме комплексной плазмы определяется эффективным зарядом макроиона и его экранированием только свободными микроионами, а не исходным зарядом макроиона и экранированием всеми микроионами. На основе этого предположения впервые рассчитаны сдвиги фазовых границ плавления и перехода между двумя кристаллическими решетками исходной диаграммы системы с потенциалом Юкавы.

3) Впервые продемонстрировано, что на исходной фазовой диаграмме системы с потенциалом Юкавы должен быть дополнительный ранее неучтенный фазовый переход газ-жидкость.

4) Впервые показано, что энергия кулоновского взаимодействия, рассчитанная в приближении Дебая-Хюккеля в корреляционной области с учетом эффекта нелинейного экранирования внутри этой полости, существенно отличается от энергии кулоновского взаимодействия, полученной в линеаризованном (дебаевском) приближении корреляционной полости.

5) Опираясь на результаты расчета нелинейного экранирования в приближении средних сферических ячеек Вигнера-Зейтца для одного сорта макроионов, впервые обобщена теория нелинейного экранирования на случай смеси двух сортов макроионов и одного сорта микроионов.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

– продемонстрированы сдвиги фазовых границ плавления и перехода между двумя кристаллическими решетками исходной диаграммы на основе введения понятий эффективного (видимого) заряда макроиона и разделения микроионов на свободные и связанные,

– показано, что кулоновская энергия существенно отличается от полученной в линеаризованном (дебаевском) приближении корреляционной полости;

– рассчитаны границы неустойчивости относительно самопроизвольного распада флюидного состояния системы на фазы разной плотности.

Значение полученных соискателем результатов **исследования для практики подтверждается** тем, что:

– рассчитана область характерных параметров на фазовой диаграмме двухкомпонентной трехмерной асимметричной комплексной плазмы

– выявлено положение ранее неучтенного фазового перехода флюид-флюид на фазовой диаграмме двухкомпонентной трехмерной асимметричной комплексной плазмы.

Результаты диссертации могут быть рекомендованы для использования в следующих организациях: ОИВТ РАН, ИОФ РАН им. А.М. Прохорова, ИПХФ РАН, АО «ГНЦ РФ ТРИНИТИ», МФТИ(НИУ), Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Исследовательский центр им. М.В. Келдыша, НИИЯФ им. Д.В. Скобельцына и др.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что достоверность полученных результатов подтверждается сравнением с результатами прямого численного моделирования методами Монте-Карло и молекулярной динамики для одинаковых условий.

Личный вклад соискателя состоит в развитии конкретных направлений в рамках обозначенной тематики работы. Содержание диссертации и основные положения, выносимые на защиту, отражают персональный вклад автора в опубликованные работы. Подготовка полученных результатов к публикациям проводилась совместно с соавторами, причем вклад диссертанта был определяющим. Все представленные в диссертации результаты получены автором лично.

Апробация результатов исследования проводилась более, чем на 35 конференциях различного уровня. Основные публикации по выполненной работе также подготовлены при определяющем участии автора.

Диссертационным советом сделан вывод о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям пункта 9, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней № 842 от 24.09.2013г.

На заседании от 11.12.2019 г. диссертационный совет принял решение присудить Мартыновой Инне Александровне ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.08.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 22 человек, из них 11 докторов наук по специальности 01.04.08 — «Физика плазмы» и 11 докторов наук по специальности 01.04.14 — «Теплофизика и теоретическая теплотехника», участвовавших в заседании, из 31 человека, 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

Андреев Н.Е.

Ученый секретарь диссертационного совета Д 002.110.02
д.ф.-м.н.



Васильев М.М.
11.12.2019г.