

ОТЗЫВ

официального оппонента, профессора кафедры молекулярной биофизики и физики полимеров Санкт-Петербургского государственного университета, доктора физико-математических наук Воронцова-Вельяминова Павла Николаевича на диссертационную работу Бутлицкого М. А. «Термодинамика ультрахолодной ридберговской плазмы», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.14 — теплофизика и теоретическая теплотехника

Предметом исследований диссертационной работы М. А. Бутлицкого являются термодинамические свойства и фазовые явления в ридберговской плазме. Рассматриваются системы, состоящие из свободных электронов, ионов и высоковозбужденных ридберговских атомов при различных плотностях и температурах, в том числе в области сверхнизких температур и высокой неидеальности, где кинетическая энергия на частицу существенно меньше энергии кулоновского взаимодействия. Экспериментально такая плазма была получена относительно недавно, слабо исследована и представляет большой научный интерес. Поэтому диссертация, безусловно, является актуальной.

Диссертация состоит из 5 глав (включая гл. 1 Введение) и Заключения. Каждая глава содержит вводную часть и краткие выводы. Данные представлены на 39 рисунках и в 2 таблицах, список литературы включает 69 ссылок. Всего в работе 109 страниц.

В первой главе (введении) достаточно четко поставлена задача — расчет термодинамических свойств ридберговской плазмы и поиск фазового перехода. Перечислены положения, выносимые на защиту, обсуждается актуальность проблемы, степень достоверности полученных результатов, а также приведен список публикаций автора по теме диссертации и перечень конференций, где работа была представлена. Приведены структура и объем диссертации.

Вторая глава является обзорной. Описаны эксперименты по получению высоковозбужденных атомов цезия, которые ионизируются с помощью поля низких значений и соответственно имеют уровни возбуждения порядка 30 (“ридберговские” атомы). Обсуждаются теоретические работы по плотному ридберговскому веществу. Описаны экспериментальные и теоретические исследования ультрахолодной ридберговской плазмы. Из обзора можно сделать вывод о сложности и немногочисленности экспериментов по ультрахолодной ридберговской плазме, а также об отсутствии непротиворечивой теоретической модели, которая бы объясняла все обнаруженные экспериментально свойства.

В третьей главе диссертации, исходя из экспериментально обнаруженного замедления рекомбинации в ультрахолодной ридберговской плазме и на основе существующих оценок времени рекомбинации, делается вывод о возможности расчета равновесных свойств такой системы в парном приближении в определенном временном интервале. Система считается находящейся в неполном термодинамическом равновесии, а часть нижних уровней ридберговских атомов является незаселенными. На основе этого разрабатывается т. н. модифицированная псевдопотенциальная модель, в которой псевдопотенциалы электрон–ионного взаимодействия получены численно из первых принципов по водородным волновым функциям.

Далее, в четвертой главе производится расчет свойств модельной системы методом Монте-Карло в широком интервале плотности и температуры. Расчеты проводились в каноническом ансамбле в периодической ячейке, содержащей от 32 до 256 частиц, причем для одноименно заряженных частиц использовался чисто кулоновский потенциал. Вычислялась внутренняя энергия и все три типа бинарных функций распределения. Здесь продемонстрированы интересные результаты, а именно — формирование кристаллоподобных структур из частиц одного и обоих знаков. Как ближний, так и дальний порядок возникают в системе при различных температурах, плотностях и для различных парных

псевдопотенциалов. Это, в свою очередь, поднимает не менее интересный вопрос о наличии фазового перехода в реальной ридберговской плазме.

В пятой главе для поиска фазового перехода была рассмотрена в качестве базовой модель двухкомпонентной плазмы, в которой потенциал взаимодействия разноименных частиц представлен как известный потенциал «кулон с полочкой». Методом Монте-Карло были рассчитаны термодинамические свойства этой модели, обнаружен фазовый переход, и рассчитаны параметры критической точки. Показано качественное согласие полученных результатов со структурными свойствами модифицированной псевдопотенциальной модели, рассмотренной ранее.

Давая общую оценку диссертации, следует сказать, что результаты работы, несомненно, представляют научную ценность, прежде всего, с фундаментальной точки зрения. В частности, работе впервые в широком диапазоне параметров исследована модель «кулон с полочкой», в ней обнаружен фазовый переход типа «газ-жидкость» и определены его параметры. Впервые показана возможность образования метастабильной квазикристаллической структуры в ультрахолодной ридберговской плазме. Разработана и впервые использована в области ультранизких температур модифицированная псевдопотенциальная модель и для нее получены парные корреляционные функции, а также зависимости для давлений и энергий. Эта модель позволяет рассчитывать термодинамические свойства ридберговской плазмы в широком диапазоне параметров. Полученные в диссертации результаты могут быть использованы в экспериментах по ридберговской плазме для диагностики и анализа структурных свойств и фазовых переходов, что определяет практическую и теоретическую ценность диссертации. Цели и задачи исследования сформулированы четко, и работа им полностью соответствует. Обоснованность сделанных в диссертации предположений, приближений и разработанных моделей определяется тем, что ключевые расчеты делаются из первых принципов, а используемые модели, приближения и методы расчетов опираются на фундаментальные

соотношения статистической механики. Достоверность представленных новых результатов подтверждается путем их сравнения с имеющимися аналитическими моделями, и с результатами других работ по моделированию кулоновских систем.

Выводы диссертационной работы, сформулированные в заключении, обоснованы, вытекают из содержания работы и полностью соответствуют сформулированным целям и задачам исследования. По теме диссертации опубликовано 13 печатных работ, 5 из них опубликованы в журналах из списка ВАК.

В качестве замечания можно указать на то, что в главах 4 и 5, где проводятся расчеты равновесных свойств методом Монте-Карло для двух моделей, не указывается, каким образом учитываются кулоновские взаимодействия каждой частицы с ее окружением (метод ближайшего образа, метод Эвальда или что-то другое). В то же время способ учета взаимодействий важен, в особенности, при низкой температуре и в области фазового перехода. Еще в конце 70-х годов в работах нашей группы, на примере кулоновской системы заряженных шаров, было показано, насколько сильно влияет на оценку критической точки фазового перехода газ-жидкость способ учета дальних взаимодействий. В дальнейших исследованиях этот момент, безусловно, должен быть учтен.

Можно указать также на незначительное число технических погрешностей (отсутствие запятых и т.п.), которые были устранены в окончательном варианте текста.

Отмеченные недостатки не снижают общей положительной оценки работы.

Автореферат отражает содержание диссертации. Диссертационная работа и автореферат написаны технически квалифицировано и аккуратно оформлены.

Таким образом, диссертационная работа Бутлицкого Михаила Анатольевича «Термодинамика ультрахолодной ридберговской плазмы», выполненная под руководством кандидата физико-математических наук

Зеленера Бориса Вигдоровича, представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует всем критериям, установленным п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней № 842 от 24.09.2013 г., а ее автор, Бутлицкий Михаил Анатольевич, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.14 — теплофизика и теоретическая теплотехника.

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ОППОНЕНТ:

Профессор кафедры молекулярной биофизики и физики полимеров Санкт-Петербургского государственного университета, доктор физико-математических наук

Воронцов-Вельяминов Павел Николаевич

« 20 » ноября 2015 года



198504, Санкт-Петербург, Старый Петергоф, ул. Ульяновская, д. 1, СПбГУ,
тел.: +7 (812) 428-45-55, эл. почта: voron.wgroup@gmail.com

Подпись профессора кафедры молекулярной биофизики и физики полимеров Санкт-Петербургского государственного университета, доктора физико-математических наук Воронцова-Вельяминова Павла Николаевича заверяю.

Ученый секретарь физического факультета СПбГУ, кандидат ф.-м. наук
Новожилова Татьяна Юрьевна

« 20 » ноября 2015 года



Подпись руки Т.Ю. Новожиловой заверяю: зам. начальника Управления кадров Н.А. Горина



20. 11. 15

198504 Санкт-Петербург, Старый Петергоф, ул. Ульяновская, д. 3, СПбГУ,
тел.: +7 (812) 428-43-03, эл. почта: uchsovet@phys.spbu.ru

198504, Санкт-Петербург, Петергоф, ул. Ульяновская, д. 1/1, СПбГУ, тел.:
+7 (812) 428-42-92, эл. почта: n.gorinova@spbu.ru

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования Санкт-Петербургский государственный университет,
199034, Санкт-Петербург, Университетская наб. д.7–9, тел: +7 (812) 328-20-
00, эл. почта: spbu@spbu.ru