

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Морозова Игоря Владимировича «Столкновительные и релаксационные процессы в неидеальной электрон-ионной плазме», представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.9 – физика плазмы

Диссертационная работа Морозова И.В. посвящена развитию и использованию современных методов компьютерного моделирования для изучения свойств вещества в экстремальных состояниях, таких как неидеальная плазма и разогретое плотное вещество (warm dense matter). Такие состояния возникают как в естественных (в основном астрофизических) объектах, так и в лабораторных экспериментах, примером которых является генерация ударных волн в газах и твердых телах. Данные эксперименты проводятся, в частности, в ФИЦ ПХФ и МХ и представляют собой мощный инструмент для достижения высоких степеней сжатия при относительно высоких температурах. Например, в серии работ по ударно сжатой плазме ксенона достигаются давления до 15 ГПа, плотности ксенона до 4 г/см^3 и концентрации электронов порядка $10^{21} - 10^{22} \text{ см}^{-3}$ при температуре около $3 \cdot 10^4 \text{ К}$. В таких условиях плазма является существенно неидеальной и в то же время близкой к границе вырождения. Теоретическое исследование свойств такой среды представляет весьма сложную и актуальную задачу. Например, зависимости проводимости и диэлектрической проницаемости от температуры и плотности плазмы необходимы для расчета коэффициента отражения лазерного излучения, используемого в указанных экспериментах для диагностики структуры фронта ударной волны.

Обсуждаемые в работе Морозова И.В. методы компьютерного моделирования позволяют верифицировать существующие теоретические модели и предсказывать новые явления. Так, например, в автореферате показано хорошее совпадение статической проводимости плазмы, определенной с помощью метода классической молекулярной динамики и интерполяционной формулы [Esser A., Redmer R., Röpke G. // Contrib. Plasma Phys. 43 (2003) 33-38], полученной на основе квантово-статистического подхода в широком диапазоне значений параметра неидеальности и температуры. Также подробно обсуждается метод расчета динамической проводимости, необходимой для прямого расчета коэффициентов отражения и поглощения лазерного излучения на границе плазмы.

Поскольку в реальных условиях неидеальная плазма в момент ее создания зачастую является неравновесной, большое значение имеют исследования

релаксационных процессов. Этим исследованиям посвящена значительная часть диссертации. В частности, рассмотрено образования двойного электронного слоя на границе неидеальной плазмы в плоской, цилиндрической и сферической геометрии, исследована релаксация электронов и ионов в треке одиночного многозарядного иона, релаксация электронов вблизи поверхности металла в условиях формирования униполярной вакуумной дуги, релаксационные и колебательные процессы в наноплазме, образованной под воздействием фемтосекундных лазерных импульсов на металлические кластеры.

Большая часть диссертации Морозова И.В. посвящена описанию постановки моделирования, выбору потенциалов взаимодействия частиц, необходимых граничных условий. В заключительной главе предлагается новый метод моделирования, основанный на молекулярной динамке с волновыми пакетами. Этот метод позволяет, с одной стороны, существенно увеличить точность описания связанных состояний электронов и ионов с учетом современных представлений квантовой механики, а также эффектов обменно-корреляционного взаимодействия электронов, существенных при приближении к границе вырождения. С другой стороны, этот метод сохраняет возможность исследования релаксационных процессов в электронной подсистеме, что показывает его преимущество по сравнению с методами квантовой молекулярной динамики и Монте-Карло в терминах интегралов по траекториям. Результаты, полученные предложенным в диссертации методом, находятся в хорошем согласии с экспериментальными данными по ударно-сжатому дейтерию и гелию, а также с существующими теоретическими моделями.

Автореферат достаточно полно отражает содержание глав диссертации, содержит сведения об актуальности, новизне и практической значимости работы.

По содержанию автореферата можно сделать следующие замечания:

1. На рисунке 1 приведена зависимость безразмерной электропроводности от параметра неидеальности. При этом экспериментальные данные взяты из теоретической работы [7] 1979 года. Хотя эксперименты по измерению электропроводности неидеальной плазмы проводились и гораздо позже, а их обсуждение приведено, например, в работах Mintsev V.B., Fortov V.E. *Laser and Particle Beams*, **33**, № 1, p. 41-50 (2015) и Adams J.R., et al. *Physics of Plasmas*, **14**, 062303 (2007).
2. Мне кажется, что полнота работы несколько теряется отсутствием расчетов отражательной способности неидеальной плазмы, хотя разработанный автором подход позволяет это сделать.

Перечисленные замечания носят рекомендательный характер и не снижают общей значимости диссертационной работы. В целом диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует всем критериям, установленным п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней № 842 от 24.09.2013г., ред.01.10.2018г., а ее автор Морозов И.В. заслуживает присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.9 – физика плазмы.

Согласен на включение персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Отзыв составил:

Главный научный сотрудник,

д.ф.-м.н., член-корреспондент РАН


e-mail: minvb@icp.ac.ru

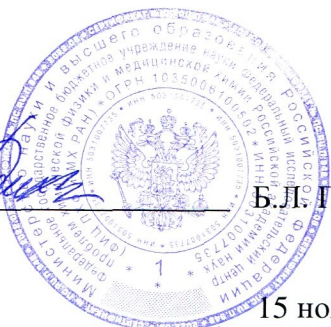

В.Б. Минцев

Отзыв заверил:

Ученый секретарь ФИЦ ПХФ и МХ,

д.х.н


Б.Л. Психа



15 ноября 2022 г.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр проблем химической физики и медицинской химии Российской академии наук (ФИЦ ПХФ и МХ), адрес: 142432, Московская область, г. Черноголовка, проспект ак. Семенова, д. 1, тел. +7 (495) 993-57-07, веб сайт: icp.ac.ru, e-mail: office@icp.ac.ru.