

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

Диссертация Морозова Игоря Владимировича представляет собой впечатляющее исследование целого ряда актуальных и сложных вопросов теоретического исследования неидеальной плазмы. Безусловно, полученные в данном исследовании результаты имеют важное значение для многих областей современной науки, таких как лабораторная и наблюдательная астрофизика, физика высоких плотностей энергии, и, что особенно важно, для новых эффективных методов описания «warm dense matter» и взаимодействия лазерных импульсов с веществом. При решении такого сорта задач важную роль играет численное моделирование, в отсутствие которого удастся пока рассмотреть лишь отдельные частные случаи.

В диссертации автором используются хорошо зарекомендовавший себя для данной области метод молекулярной динамики, который в отличие от гидродинамического подхода позволяет исследовать микроскопическую динамику электронов и ионов плазмы, учитывая близкие столкновения частиц, в том числе с учетом квантово-механических эффектов взаимодействия. Такой подход позволяет рассмотреть относительно небольшие области пространства, однако с применением периодических граничных условий его результаты могут быть обобщены на случай пространственно-однородной системы. В работе также представлены результаты для пространственно неоднородных систем, таких как приповерхностная плазма, образованная униполярной дугой, ионизованное вещество в треке тяжелого иона и металлический кластер нанометровых размеров, ионизованный коротким лазерным импульсом. В этих случаях метод молекулярной динамики позволяет исследовать релаксацию системы к равновесию. Существенно, что в рецензируемой работе последовательно проводится новый подход определения «дебаевской» экранировки, учёт необходимых квантово-механических эффектов, важных для правильного теоретического анализа физики таких неклассических систем. Следует отметить, что в работе Морозова И.В. большое внимание уделяется методическим вопросам и постановке численного эксперимента. Так, например, во 2-й главе подробно обсуждаются различные типы граничных условий и их влияние на рассчитываемые характеристики плазмы, а в 3-й и 4-й главах описана оригинальная методика исследования колебаний электронов в ионизованном кластере. В 5-й главе большое внимание уделяется апробации метода молекулярной динамики с волновыми пакетами, который является расширением метода классической молекулярной динамики, необходимым для более точного учета квантово-механических явлений электрон-электронного и электрон-ионного взаимодействий. Несмотря на очевидные достоинства, этому методу изначально присущи такие недостатки, как неограниченное расширение свободного волнового пакета, недостаточная точность описания атомов и молекул вблизи основного состояния, вычислительно сложный метод учета антисимметризации многочастичной волновой функции электронов. Для решения этих проблем автором диссертации предложен ряд оригинальных решений, выводящих этот метод на уровень практического применения. В этой связи следует особо подчеркнуть разработку нового комбинированного метода, использующего формализм электронной плотности для учета обменно-корреляционного взаимодействия.

Также следует отметить успешно реализованное в работе использование численных методов, методов математического моделирования, ставящих рецензируемую работу в ряд наиболее актуальных и работоспособных подходов к моделированию неравновесной плазмы в условиях интенсивных воздействий внешних или внутренних источников энергии.

Все полученные в диссертации результаты расчетов сравниваются с экспериментальными данными и существующими теоретическими моделями. Обоснованность применения выбранных численных методов и достоверность полученных ими результатов не вызывает сомнений. Одной из возможностей практического использования данных результатов представляется включение рассчитанных коэффициентов и полуэмпирических зависимостей (проводимость, скорость релаксации, ширина двойного электронного слоя, заряд нанокластеров и др.) в расчеты более высокого уровня в контексте многомасштабной модели.

Содержание диссертации достаточно полно представлено в автореферате, который содержит также информацию об актуальности, новизне, апробации и практической значимости работы. Каких-либо существенных замечаний по работе у меня нет. Таким образом, представленная Морозовым Игорем Владимировичем и изложенная в автореферате диссертация, представляет собой законченную научно-квалификационную работу, соответствующую 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.

Главный научный сотрудник ИПМ им. М. В. Келдыша РАН,
адрес: 125047, г. Москва, Миусская пл., д. 4,
тел.: (499) 220-72-23, e-mail: zmitrenko@imamod.ru
д.ф.-м.н., с.н.с.

Змитренко Николай Васильевич

Подпись Змитренко Н.В. заверяю.

Ученый секретарь ИПМ им. М.В. Келдыша РАН

к.ф.-м.н.

06.12.2022



Давыдов Александр Александрович

Федеральное государственное учреждение «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук» (ИПМ им. М.В. Келдыша РАН), адрес: 125047, г. Москва, Миусская пл., д. 4, тел.: (499) 978-1314, веб-сайт: www.keldysh.ru, e-mail: office@keldysh.ru.