

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 27.12.2017 протокол № 22

О присуждении Быстрому Роману Григорьевичу, гражданину Украины, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Динамика электронов в неидеальной кластерной наноплазме» в виде рукописи по специальности 01.04.08 – Физика плазмы, принята к защите 23.10.2017г., протокол № 17, диссертационным советом 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, [jiht.ru](http://jiht.ru), (495) 485-8345), утвержденного Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 11.04.2012г. № 105/нк.

Соискатель Быстрый Роман Григорьевич 1990 года рождения, в 2013 году окончил магистратуру Федерального государственного автономного бюджетного учреждения высшего профессионального образования Московский физико-технический институт (государственный университет).

В 2016 году он окончил очную аспирантуру Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики».

Диссертация выполнена в Международной лаборатории суперкомпьютерного атомистического моделирования и многомасштабного анализа Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национального исследовательского университета «Высшей школы экономики» и в Лаборатории №1.2.2.3. – суперкомпьютерных технологий в атомистическом моделировании НИЦ – 1 Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук (ОИВТ РАН)

В настоящее время Быстрый Р.Г. работает в Лаборатории №1.2.2.3. – суперкомпьютерных технологий в атомистическом моделировании НИЦ – 1 Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенный институт высоких температур Российской академии наук в должности инженера.

Научный руководитель – Морозов Игорь Владимирович, к.ф.-м.н., заведующий отделом № 4.4. – теплофизических данных НИЦ – 4 Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенный институт высоких температур Российской академии наук.

Официальные оппоненты: доктор физико-математических наук, Брантов Андрей Владимирович, ведущий научный сотрудник Сектора лазерно-плазменной физики высоких энергий Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Физического института имени П.Н. Лебедева Российской академии наук»;

кандидат физико-математических наук, Корнеев Филипп Александрович, доцент Кафедры теоретической ядерной физики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ.

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Институт прикладной

физики РАН», г. Нижний Новгород, в своем положительном заключении, составленном старшим научным сотрудником отдела физики плазмы ИПФ РАН, кандидатом физико-математических наук Костиным В.А. (утвержденном учёным секретарем ИПФ РАН, кандидатом физико-математических наук Корюкиным И.В.), указала, что диссертация Быстрого Р.Г. представляет собой завершённую научно-исследовательскую работу на актуальную тему, и содержит новые важные результаты, которые могут применяться для решения различных теоретических и прикладных задач физики плазмы; результаты представляются достоверными и научно обоснованными, обладают научной новизной, теоретической и практической значимостью. Результаты диссертационного исследования Быстрого Р. Г. могут быть рекомендованы для использования в Институте Общей Физики им. А.М. Прохорова РАН, Физическом институте им. П.Н. Лебедева РАН, Объединённом институте высоких температур РАН, Институте прикладной физики РАН, на физических факультетах институтов МГУ, СПбГУ, ТРИНИТИ, МФТИ и др.

Работа Быстрого Р.Г. отвечает требованиям, предъявляемым пунктом 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней №842 от 24.09.2013 г.

Соискатель имеет 4 статьи в реферируемых журналах (4 из них в журналах из списка ВАК), более 16 тезисов в сборниках трудов конференций:

Основные работы:

1. Bystryi R. G., Morozov I. V. Electronic oscillations in ionized sodium nanoclusters // Journal of Physics B: Atomic, Molecular and Optical Physics. 2015. Vol. 48, no. 1. P. 015401.
2. Morozov I. V., Kazennov A. M., Bystryi R. G., Norman G E., Pisarev V.V., Stegailov V.V. Molecular dynamics simulations of the relaxation processes in the condensed matter on GPUs // Computer Physics Communications. 2011. Vol. 182. P. 1974–1978.
3. Быстрый Р.Г., Лавриненко Я.С., Ланкин А.В., Морозов И.В., Норман Г.Э., Сайтов И.М. Флуктуации давления в неидеальной невырожденной плазме // Теплофизика высоких температур. 2014. Том. 52, №.4. С.475-482.

4. Bystryi, R.G., Molecular dynamic study of pressure fluctuations spectrum in plasma // Journal of Physics: Conference Series. 2015. Vol. 653, no. 1, P. 012154.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы из следующих организаций:

**1. Московский физико-технический институт** (государственный университет) (Доктор физико-математических наук, профессор Крайнов В.П.) – отзыв положительный, без замечаний;

**2. Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН** (Доктор физико-математических наук, заведующий отделом, Красюк И.К.) – отзыв положительный, без замечаний;

**3. Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова** (Доктор физико-математических наук, профессор Савельев-Трофимов А.Б.) – отзыв положительный, с замечаниями:

— Из текста автореферата не ясно, учитывает созданная автором модель процесс формирования кластерной наноплазмы под действием внешнего поля или пучка частиц, либо начальное состояние плазмы постулируется. В последнем случае хотелось бы иметь некоторые оценки, обосновывающие начальные условия для расчетов.

— Название диссертации содержит термин “неидеальная плазма”, однако в основном влияние неидеальности не обсуждается.

— Все подписи к рисункам выполнены на английском языке.

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что:

– д.ф.-м.н., Брантов А.В. является ведущим ученым в области взаимодействия лазера с плазмой и сильно неоднородными мишенями, признанным специалистом в области моделирования переноса электронов в таких средах.

Основные работы Брантова А.В. по теме диссертации:

1. Ivanov K.A., Shulyapov S.A., Turinge A.A., Brantov A.V., Uryupina D.S., Volkov R.V., Rusakov A.V., Djilkibaev R.M., Nedorezov V.G., Bychenkov V.Y., Savel'ev A.B., 2013. X-Ray Diagnostics of Ultrashort Laser-Driven Plasma: Experiment and Simulations. Contributions to Plasma Physics, 53(2), pp.116-121.

2. Brantov A.V., Bychenkov V.Y., Rozmus W., 2012. Electrostatic Response of a Two-Component Plasma with Coulomb Collisions. *Physical review letters*, 108(20), p.205001.
3. Брантов А.В., Лобок М.Г. Быченков В.Ю., 2016. Оптимизация мишеней по выходу рентгеновского излучения заданной жесткости под действием фемтосекундного лазерного импульса. *Квантовая электроника*, 46(4), pp.342-346.

– к.ф.-м.н. Корнеев Ф.А. является признанным специалистом в области взаимодействия лазера с наномишенями. Корнеев Ф.А. защитил диссертацию на тему “Бесстолкновительное поглощение энергии интенсивного лазерного излучения в классической наноразмерной плазме”, которая тесно связана с темой диссертации соискателя. По сути в работе соискателя и оппонента рассматриваются разные этапы одного и того же процесса. Корнеев Ф.А. – представитель международного коллектива авторов, выпустившего десятки работ по физике наноплазмы, в частности:

1. Korneev P., 2012. Harmonics generation in ultra-thin nanofilms irradiated by intense nonrelativistic laser pulses. *Laser Physics*, 22(1), pp.184-194.
2. Pisarczyk T., Gus' kov S.Y., Chodukowski T., Dudzak, R., Korneev P., Demchenko N.N., Kalinowska Z., Dostal J., Zaras-Szydłowska A., Borodziuk S. Juha L., 2017. Kinetic magnetization by fast electrons in laser-produced plasmas at sub-relativistic intensities. *Physics of Plasmas*, 24(10), p.102711.
3. Bochkarev S.G., d'Humières E., Korneev P., Bychenkov V.Y., Tikhonchuk V., 2015. The role of electron heating in electromagnetic collisionless shock formation. *High Energy Density Physics*, 17, pp.175-182.

Выбор Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Институт прикладной физики РАН», (г. Нижний Новгород) в качестве ведущей организации обусловлен тем, что «ИПФ РАН» является одной из лидирующих организацией в физике плазмы, проводящей обширные исследования, в особенности, в области взаимодействия излучения с веществом. В в отделе Физики плазмы

ИПФ РАН активно ведутся работы по исследованию взаимодействия излучения и потоков заряженных частиц с наномишенями, что близко к тематике диссертационного исследования соискателя.

1. Gildenburg V.B., Kostin V.A. and Pavlichenko I.A., 2016. Excitation of surface and volume plasmons in a metal nanosphere by fast electrons. *Physics of Plasmas*, 23(3), p.032120.
2. Каймак В., Пухов А.М., Шляпцев В.Н. Рокка Д.Д., 2016. Сильная ионизация в углеродных нанопроволоках. *Квантовая электроника*, 46(4), pp.327-331.
3. Gildenburg V.B. and Pavlichenko I.A., 2016. Volume nanograting formation in laser-silica interaction as a result of the 1D plasma-resonance ionization instability. *Physics of Plasmas*, 23(8), p.084502.

Диссертационный совет отмечает, что **на основании выполненных соискателем исследований:**

- Получены спектры электронных колебаний в кластерной наноплазме натрия, для неё рассчитаны частоты и декременты затухания основных мод колебаний в зависимости от размера кластера, средней плотности и температуры электронов. Рассчитано равновесное пространственное распределение электронной плотности в кластерной наноплазме. Получена теоретическая модель, объясняющая сдвиг частоты колебаний Ми в красную область спектра вследствие пространственной неоднородности плотности электронов.
- Выведена система дифференциальных уравнений, описывающих эмиссию электронов из наноплазмы. Выведена приближенная формула, описывающая изменение температуры электронов в результате эмиссии в зависимости от размера кластера и начальной температуры электронов. С их помощью рассчитана зависимость скорости релаксации температуры электронов в кластере от начальной температуры и размера кластера. Как следствие полученной системы дифференциальных уравнений, дано качественное объяснение аномального спектра экспериментально наблюдаемой эмиссии электронов.

- Проведен теоретический анализ спектра флуктуаций давления в модели равновесной неидеальной плазме, получаемого в молекулярно-динамических расчетах. Дано объяснение роста вычислительных ошибок с ростом размера системы на основании особенностей её физических свойств.
- Представлен алгоритм молекулярно-динамического моделирования неидеальной электрон-ионной плазмы, адаптированный для выполнения на графических ускорителях. Приведены величины ускорения расчетов на графических ускорителях по сравнению с универсальными процессорами в зависимости от числа частиц в системе.

**Теоретическая значимость исследования** обоснована тем, что:

Диссертационная работа Быстрого Р. Г. представляет собой цельное, обладающее новизной исследование в области физики кластерной наноплазмы. Благодаря выбранным техническим решениям впервые с помощью метода молекулярной динамики, основывающегося на первых принципах, были исследованы плазменные наноструктуры, содержащие сотни тысяч частиц. Получена новая формула для частоты электронных колебаний в нанокластере с неоднородным профилем электронной концентрации. Построена модель термоэмиссии из наноразмерной плазмы. Теоретическая значимость полученных результатов не вызывает сомнений, бесспорно, они привлекут внимание специалистов в данной области.

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

Диссертация развивает теоретические представления об оптических и эмиссионных свойствах наноплазмы. В частности, в работе предложена принципиально новая модель эмиссии с поверхности наноплазмы, и на ее основе дана новая трактовка известных экспериментальных данных. Полученные в диссертации результаты могут способствовать созданию новых методов генерации потоков заряженных частиц и мягкого рентгеновского излучения. Полученный в работе комплекс программ для моделирования

неидеальной плазмы может быть применен для широкого круга задач физики плазмы.

Результаты диссертационного исследования Быстрого Р.Г. могут быть рекомендованы для использования в Институте Общей Физики им. А.М. Прохорова РАН, Физическом институте им. П.Н. Лебедева РАН, Объединенном институте высоких температур РАН, Институте прикладной физики РАН, Московском Государственном Университете, Санкт-Петербургский государственный университет, Троицкий институт инновационных и термоядерных исследований, Московский физико-технический институт и др.

**Достоверность** полученных результатов и **научная обоснованность** положений, рекомендаций и выводов диссертации обеспечивается физической аргументированностью и математической корректностью проводимых выкладок, обоснованностью принятых допущений и приближений. О **достоверности** результатов также свидетельствует хорошее согласие с результатами выполненных ранее экспериментов. Полученные в компьютерном моделировании результаты хорошо объясняются предложенными аналитическими зависимостями и не противоречат полученным ранее результатам других авторов. В предельных случаях достигаются хорошо известные теоретические зависимости.

**Личный вклад соискателя.** Содержание диссертации и основные положения, выносимые на защиту, отражают персональный вклад автора в опубликованные работы. Подготовка к публикации полученных результатов проводилась совместно с соавторами, причем вклад диссертанта был определяющим. Все представленные в диссертации результаты получены лично автором.

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



На заседании от 27.12.2017г. диссертационный совет принял решение присудить Быстрому Р.Г. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 31 человек, из них 10 докторов наук по специальности 01.04.08 – физика плазмы и 12 докторов наук по специальности 01.04.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника, участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 23, 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

к.ф.-м.н.



Васильев М.М.

27.12.2017г.