

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Нечаева Антона Андреевича «Магнитные и электрические квазистационарные неоднородные структуры в бесстолкновительной плазме с анизотропным распределением частиц по скоростям», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.9 – физика плазмы

В диссертационной работе А.А. Нечаева с помощью как аналитического подхода, так и численного моделирования исследуется ряд кинетических явлений в бесстолкновительной плазме, в которых важную роль играют неоднородное по пространству электромагнитное поле и анизотропия функций распределения компонент плазмы по скоростям.

В большей части диссертации – в первых четырех главах, рассматриваются результаты численного моделирования эволюции плазмы с горячими электронами и холодными ионами, которая образуется в результате воздействия лазерного импульса на мишень, находящуюся в разреженной фоновой плазме. Для моделирования быстрых нестационарных процессов в указанной плазме автор использует открытый программный код EPOCH, который основан на численном интегрировании системы уравнений Власова-Максвелла методом крупных частиц. В результате расчетов для большого представительного набора различных начальных условий автором выяснен ряд важных новых деталей исследуемых процессов. В частности, найдены переходные токовые структуры различного масштаба, в том числе нерегулярные токовые филаменты типа z-пинчей, образование которых вызвано неустойчивостью вейбелевского типа, развивающейся благодаря формированию анизотропного распределения частиц по скоростям.

В пятой главе рассматривается анализ результатов численного моделирования развития неустойчивости вейбелевского типа в двухкомпонентной бесстолкновительной плазме, когда в начальный момент плазма является однородной, а ионы и электроны имеют одинаковые бимаксвелловские распределения по скоростям с одинаковыми температурами. Установлены новые детали развития этой неустойчивости и нелинейной эволюции магнитного поля. Найдены закономерности эволюции пространственного спектра вейбелевской турбулентности и показано, что индукционное электрическое поле, возникающее благодаря затуханию созданного электронами мелкомасштабного магнитного поля, формирует долгоживущие крупномасштабные токи ионов.

В шестой главе рассматриваются аналитические модели стационарных пространственно одномерных электронейтральных токовых слоев без нормальной компоненты магнитного поля. Получено наиболее общее семейство пространственно одномерных стационарных точных решений системы уравнений Власова, которые сводятся к одномерному уравнению Грэда-Шафранова, самым известным примером которых является решение Харриса. Новизна и ценность результатов состоит в том, что полученные модели допускают сложные локализованные профили плотности тока различных компонент плазмы, а также немаксвелловские функции распределения по энергии и широкую или сдвиговую компоненту

магнитного поля. Фактически дано аналитическое решение задачи построения плавного пространственно одномерного перехода между двумя областями с однородной плазмой с различными параметрами.

Диссертация показывает, что автор на хорошем уровне овладел всеми современными методами исследования специалиста теоретического профиля в физике плазмы. Автор демонстрирует квалифицированное использование аналитических методов, грамотный анализ экспериментальных данных, важное умение разрабатывать постановки задач для численного моделирования, а также хорошие навыки в самом численном моделировании и в анализе и интерпретации его результатов.

Автореферат и диссертация написаны ясно, с хорошим качеством текста, а также с четкой логической структурой и обозначением текущего уровня в рассматриваемых проблемах и новизны результатов. Выносимые на защиту результаты хорошо обоснованы и их достоверность не вызывает сомнений. Автореферат отражает содержание диссертации.

Диссертация представляет собой завершенное многостороннее научное исследование, актуальное для физики космической и лабораторной (лазерной) плазмы, и демонстрирует высокий научный уровень её автора и его научную зрелость.

Считаю, что диссертация удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, и ее автор Антон Андреевич Нечаев заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.9 – физика плазмы.

Отзыв составил Олег Викторович Мингалев, доктор физико-математических наук по специальности «01.03.03 – физика Солнца», заведующий сектором теоретического моделирования Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Полярный геофизический институт», E-mail: mingalev\_o@pgia.ru.

Выражаю согласие на обработку моих персональных данных, связанных с защитой диссертации.

12.12.2022

Мингалев О.В.

Подпись д.ф.-м.н. О.В. Мингалева заверяю.

Ученый секретарь

Полярного геофизического института



Попова Т.А.