

ОТЗЫВ

официального оппонента Гусейн-заде Намика Гусейнага оглы
на диссертационную работу Гришкова Вячеслава Евгеньевича
«Кинетическая теория нелинейных токов и генерация электромагнитных полей
в плазме при воздействии коротких лазерных импульсов»,
представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук
по специальности: 01.04.02 – «теоретическая физика».

Развитие методов генерации лазерного излучения привело к тому, что сейчас возможно генерировать ультракороткие световые импульсы в несколько десятков фемтосекунд. Как следствие этого, во многих странах широко ведутся исследования по распространению таких импульсов и их взаимодействию с веществом. Обнаружены новые физические явления, анализируются возможности реализации различных схем с использованием таких импульсов в разнообразных областях, начиная от ядерной физики и астрофизики и кончая медициной.

Диссертационная работа Гришкова Вячеслава Евгеньевича «Кинетическая теория нелинейных токов и генерация электромагнитных полей в плазме при воздействии коротких лазерных импульсов» выполнена в Секторе теории плазменных явлений Физического института имени П.Н. Лебедева. Она посвящена одной из **актуальных** проблем современной физики плазмы – воздействию коротких импульсов лазерного излучения на многократно ионизованную плазму. Закономерности явлений протекающих в плазме (например, таких как: генерация плазменных волн, квазистационарного магнитного поля и низкочастотного электромагнитного излучения) при воздействии на нее лазерных импульсов существенно зависит от соотношения между длительностью импульса и временем свободного пробега электронов. В настоящее время длительность ультракоротких импульсов в лазерной плазме нередко оказывается меньше или по крайней мере сопоставимой со временем свободного пробега электронов. Вместе с тем, теория процессов, протекающих в плазме, в условиях, когда длительность лазерного импульса сравнима со временем свободного пробега электронов, не построена и требует развития.

Остановимся вкратце на содержании диссертационной работы.

Диссертация Гришкова В.Е. посвящена актуальной проблеме исследования динамики плазмы во внешнем поле. Работа Гришкова В.Е. состоит из введения, шести оригинальных глав, двух приложений и заключения. Библиографический список содержит 110 наименований.

В приложении I описана форма воздействующего импульса высокочастотного излучения, использованного при построении теории (главы 2, 3 и 5) и приведены основные приближения, использованные при описании распространения импульса в плазме. Во втором приложении приведено выражение для плотности низкочастотного тока проводимости. В заключении даны основные результаты диссертации.

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цели и задачи исследования, даны общая характеристика работы и краткое изложение основных разделов диссертации.

В качестве модели динамики плазмы во внешнем поле используется кинетическое описание, что представляет собой наиболее сложный вариант. Вместе с тем, в данной работе речь, очевидно, идет о полях умеренной интенсивности, так как не рассматривается задача самосогласованного описания системы поле-плазма (применительно к полям высокой интенсивности аналитически ее решают на основе гидродинамики, а не кинетики, либо в режиме численного моделирования методом больших частиц). Тем не менее, принципиальное достижение состоит в том, что теория построена именно для нелинейных токов. Наибольший интерес представляют результаты, относящиеся к случаю высокочастотного поля, и к случаям возбуждения нелинейных токов лазерными импульсами малой длительности и ультракороткими импульсами. Следует отметить, что существенной модификации подвергся подход к вычислению частоты столкновений в плазме.

Целью диссертационной работы, как сам формулирует автор, является получение решений для следующих задач, которые и составляют содержание глав:

1. Изучить генерацию низкочастотных нелинейных токов в плазме коротким импульсом высокочастотного излучения с частотой порядка и много большей плазменной.

2. Исследовать генерацию квазистационарного магнитного поля при воздействии на плазму короткого лазерного импульса.

3. Изучить возбуждение плазменных волн нелинейными токами, генерируемыми ультракоротким и коротким импульсами высокочастотного излучения.

4. Найти инкремент аperiodической неустойчивости, возникающей в плазме при воздействии короткого импульса высокочастотного излучения, с учетом влияния генерируемого магнитного поля на движение электронов в высокочастотном поле.

5. Исследовать перенос тепла в плазме с многозарядными ионами при столкновительном поглощении короткого лазерного импульса на временах больших времени электрон-ионных столкновений, но меньших времени электрон-электронных столкновений.

Уже из их простого перечисления легко заметить, насколько обширную поставил себе цель автор. Более того, в работе диссертант не ограничивается исследованием только низкочастотных процессов, но изучает и ряд высокочастотных явлений возникающих при воздействии сильных нелинейных токов на плазму. Это наглядно видно из основных научных результатов диссертации:

1. В линейном приближении по плотности потока высокочастотного излучения получены выражения для нелинейных токов, возникающих при воздействии короткого лазерного импульса на плазму. Выражения для токов позволяют анализировать генерацию токов импульсами, длительность которых как меньше, так и больше времени свободного пробега электронов, а форма импульса относительно произвольна.

2. Показано, что из-за уменьшения эффективной частоты столкновений электронов с ионами при воздействии на плазму импульса излучения с несущей частотой большей ленгмюровской частоты электронов, возникает существенное изменение нелинейных токов генерируемых в плазме.

3. Получено нелокальное во времени интегро-дифференциальное уравнение описывающее генерацию квазистационарного магнитного поля. Показано, что максимальное значение магнитного поля достигается на временах превышающих время свободного пробега электронов и пропорционально длительности импульса ВЧ поля.

4. При помощи нелинейных токов, полученных при кинетическом описании отклика плазмы на воздействие лазерного импульса, изучено возбуждение плазменных волн.

Показано, что основным источником плазменных волн является нелинейный ток, возникающий из-за градиента плотности энергии высокочастотного излучения, в то время как, генерация плазменных волн током увлечения обычно менее эффективна, но не пренебрежимо мала при относительно больших частотах столкновений электронов с ионами. Описано влияние столкновений электронов на процесс возбуждения плазменных волн импульсами различной длительности.

5. Найден инкремент аperiодической неустойчивости в плазме, взаимодействующей с импульсом высокочастотного излучения, длительность которого меньше или сравнима со временем свободного пробега электронов. Показано как уменьшается величина инкремента с уменьшением длительности импульса. Описана возможность развития неустойчивости после выключения короткого импульса, когда генерируемое магнитное поле не влияет на движение электронов в высокочастотном поле.

6. Выявлено, что для плазм с большой кратностью ионизации ионов при столкновительном поглощении относительно слабого импульса лазерного излучения существует временной интервал, в котором происходит аномальное уменьшение величины теплового потока.

Научные положения и результаты диссертации достаточно точно аргументированы и обоснованы. Основные результаты диссертации опубликованы в ведущих отечественных и зарубежных научных журналах, таких как Physics Letters A, Письма в ЖЭТФ, Физика Плазмы (6 статей), неоднократно обсуждались на научных семинарах, всероссийских и международных конференциях.

Все полученные в диссертации научные результаты являются новыми и получены В.Е. Гришковым лично или при его непосредственном участии.

Достоверность результатов диссертации обусловлена применяемыми современными математическими методами, а также хорошим согласием численных расчетов с аналитическими оценками.

Развитая в диссертации методика может быть порекомендована к использованию в организациях, проводящих исследования в области физики плазмы и взаимодействия излучения с веществом, лазерной физики, (ТРИНИТИ, ИПФ РАН, ОИВТ РАН, МГУ, ИОФ РАН, ИРЭ РАН, МРТИ РАН, МГТУ, МФТИ и др.).

Диссертация В.Е. Гришкова написана простым и понятным языком и содержит достаточное количество иллюстраций. В диссертации четко сформулированы цели исследования и достаточно полно описаны использованные методы решения поставленных задач, и подробно обсуждены полученные результаты.

Характеризуя диссертацию в целом, отметим, что она выполнена на весьма высоком научном уровне. При этом диссертант проявил себя самостоятельным исследователем, способным анализировать и находить подходы к решению сложных проблем.

Но надо отметить и недостатки, от которых диссертация все же не свободна.

Нелинейностей в плазме очень много: это и нелинейности, преимущественно обусловленные высокочастотной динамикой (релятивистская, параметрическая, гидродинамическая и др); и нелинейности обусловленные разогревом (ионизационные, параметрические др); нелинейности, обусловленные столкновениями как неупругими, так и упругими (генерация гармоник). Эти вопросы в той или иной мере исследованы. Также изучались и роли временной и пространственной ограниченности на характер нелинейностей (см., например, работы Рухадзе А.А.). **Основной недостаток рассматриваемой диссертации заключается в почти полном отсутствии обзора литературы по исследуемым и смежным вопросам и определении собственного места в море исследований плазменных нелинейностей.**

Из мелких недостатков, можно привести следующие:

- Во 2 и 3 главах автор не учитывает влияние квазистационарного магнитного поля на плотность низкочастотных токов, без уточнения причин, по которым это можно делать.
- Согласно главе 3 «...Отметим, что увеличение нелинейного вихревого тока приводит к усилению генерации квазистационарного магнитного поля», однако в 4 главе, посвященной генерации квазистационарного магнитного поля об этом умалчивается.

Но эти недостатки вовсе не снижают уровень проведенных диссертантом исследований и никак не влияют на главные теоретические и практические результаты, полученные им. Данные и, по сути, небольшие, замечания никоим образом не снижают ценности диссертации и ее высокую оценку.

Существенных замечаний нет, диссертационная работа Гришкова В.Е., выполнена на актуальную тему, обладает научной новизной, практической ценностью, является самостоятельной и законченной научно-исследовательской работой выполненной автором самостоятельно на высоком научном уровне.

Автореферат соответствует содержанию диссертационной работы.

На основании вышеизложенного можно сделать следующий вывод. Представленная диссертация удовлетворяет всем требованиям ВАК, предъявленным к кандидатским диссертациям, а ее автор Гришков Вячеслав Евгеньевич, безусловно, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 – «теоретическая физика».

Официальный оппонент:

Заведующий теоретическим отделом ИОФ РАН,
доктор физико-математических наук, профессор,
119991, Москва, ул. Вавилова, 38,
тел.: +7(499)135-0247.

Гусейн-заде Н.Г.

28.09.2017

Подпись Н.Г. Гусейн-заде заверяю:

Зам. директора ИОФ РАН,
доктор физико-математических наук, профессор



Михалевич В.Г.

СПИСОК ОСНОВНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ

официального оппонента д.ф.-м.н. Гусейн-заде Намика Гусейнага оглы по тематике защищаемой диссертационной работы Гришкова Вячеслава Евгеньевича «Кинетическая теория нелинейных токов и генерация электромагнитных полей в плазме при воздействии коротких лазерных импульсов», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 – «теоретическая физика», в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет:

1. Bogachev N.N.; Bogdankevich I.L.; Gusein-zade N.G., Surface wave and linear operating mode of a plasma antenna// PLASMA PHYSICS REPORTS, V. 41, № 10, p. 792-798, 2015.
2. Tsytovich V.N.; Gusein-zade N.G.; Ignatov A.M., Theory of hysteresis during electron heating of electromagnetic wave scattering by self-organized dust structures in complex plasmas// PHYSICS OF PLASMAS, V. 22, № 7, p. 073704, 2015.
3. Tsytovich V.N.; Gusein-zade N.G.; Ignatov A.M., Coherent scattering of electromagnetic waves by self-organized dust structures: Degree of coherence// PHYSICS OF PLASMAS, V. 22, № 2, p. 023709, 2015.
4. Tsytovich V.N.; Gusein-zade N.G., Structuring in complex plasma for nonlinearly screened dust particles// PHYSICS OF PLASMAS, V. 21, № 3, p 033705, 2014.
5. Tsytovich V.N.; Gusein-zade N.G., Nonlinear screening of dust grains and structurization of dusty plasma// PLASMA PHYSICS REPORTS, V. 39, № 7, p. 515-547, 2013.
6. Bogachev N.N., Bogdankevich I.L., Gusein-zade N.G., Konstantin F.S., Operation modes and characteristics of plasma dipole antenna // ACTA POLYTECHNICA, V. 55, № 1, p. 34, 2015.
7. Bogachev N.N., Bogdankevich I.L., Gusein-zade N.G., Simulation of plasma antenna operation modes// APPLIED PHYSICS, № 4, p. 30-34, 2014.
8. Bogachev N.N., Bogdankevich I.L., Gusein-zade N.G., Tarakanov V.P., Computer simulation of a plasma vibrator antenna// ACTA POLYTECHNICA, V. 53, № 2, p. 110-112, 2013.