

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Рязанцева Сергея Николаевича

“Рентгеноспектральная диагностика рекомбинирующей плазмы
для задач лабораторной астрофизики”

на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук
по специальности 01.04.08 – физика плазмы.

В начале шестидесятих годов прошлого столетия был создан первый оптический квантовый генератор – лазер. А уже в середине шестидесятих годов был предложен способ создания с его помощью облака плазмы с экстремальными параметрами для исследований в лабораторных условиях различных физических явлений (Н.Г. Басов и О.Н. Крохин (1963), J.M. Dawson (1964)).

Предложенный способ достаточно быстро нашёл практическое применение, а именно: для лабораторного моделирования плазменных и электродинамических явлений, сопровождающих взрывные процессы в атмосфере земли и космической плазме (прежде всего эксперименты типа “Star Fish”, “Argus”), которые были недостаточно изучены в натурных опытах. Модельные эксперименты были начаты в семидесятих годах прошлого столетия в лабораториях США (NRL, LANL) и продолжают поныне, в частности, на уникальной лазер - плазменной установке LAPD (UCLA).

Как следствие этих исследований, в физике высоких плотностей энергии возникло новое направление – Laboratory Astrophysics. Предложенные в нём обоснованные критерии подобия и различные схемы экспериментов позволяют изучать астрофизические процессы, которые происходят на гигантских масштабах и длятся сотни и тысячи лет, здесь и сейчас.

Естественно для проведения перечисленных выше исследований нужны надёжные методы измерения пространственно-временного распределения концентрации и температуры плазмы в возникающих сложных течениях. При этом желательно, чтобы измерения осуществлялись бесконтактным способом, дабы не вносить возмущений в происходящие нелинейные процессы. Поэтому тема диссертации Рязанцева С. Н. - разработка новой методики для определения электронной температуры и плотности плазмы с использованием рентгеноспектральной диагностики – является, несомненно, актуальной.

Первая глава диссертации представляет собой литературный обзор, отражающий современное состояние исследований одного из направлений в области Laboratory Astrophysics, а именно: моделирование астрофизических струй плазмы. Описаны принципы, по которым такие объекты могут быть промоделированы при помощи струй лазерной плазмы, образующейся при взаимодействии лазерного излучения высокой плотности энергии с твердотельными мишенями.

Вторая глава диссертации посвящена расчету относительных интенсивностей линий резонансной серии гелиеподобного иона фтора с учётом нестационарно-

стив распределения ионов по кратностям ионизации. Впервые получены расчетные зависимости от электронной температуры и плотности относительных интенсивностей четырех пар спектральных линий гелиеподобного иона фтора как для рекомбинирующей, так и для ионизирующейся плазмы. Сильная зависимость относительных интенсивностей спектральных линий иона фтора позволила Рязанцеву С.Н. предложить новую методику диагностики параметров плазмы.

В третьей главе разработанная методика использовалась в лабораторно-астрофизическом эксперименте на установке ELFIE (Франция) с целью исследования влияния магнитного поля на разлет лазерной плазмы. Одной из главных задач была проверка гипотезы о том, что в однородном магнитном поле сформировать вытянутую струю подобную астрофизической без использования мишени специальной геометрии. На основе спектров рентгеновского излучения, зарегистрированных фокусирующим спектром, автором при помощи предложенной методики были получены пространственные профили электронной температуры и плотности лазерной плазмы, образующейся при взаимодействии лазерных импульсов с интенсивностью $10^{13} - 10^{14}$ Вт/см² с тефлоновыми мишенями. Было показано, что действие внешнего магнитного поля приводит к формированию лазерной плазмы в узкую струю и сохранению электронной температуры плазмы на уровне 10 эВ на расстояниях вплоть до 10 мм от мишени, чего не наблюдается при разлете плазмы без магнитного поля. Были получены также пространственные профили электронной температуры плазмы, разлетающейся во внешнем магнитном поле внутри плазменного облака, созданного предварительным импульсом малой, в сравнении с основным импульсом, энергии. Показано, что взаимодействие с плазменной средой приводит к дополнительному, относительно разлета в вакуум, увеличению температуры плазмы. Все описанные выше научные результаты принадлежат лично автору и получены впервые.

В четвертой главе на основе рассчитанных отношений интенсивностей спектральных линий стационарной плазмы Н-, Не- и Li-подобных ионов азота и неона, проведена диагностика электронной температуры плазмы, образующейся при столкновении сверхзвуковых плазменных потоков. Эксперимент проводился на установке 2МК-200, созданной в ТРИНИТИ (г. Москва г. Троицк). Было показано, что в области столкновения образуется стационарная плазма многозарядных ионов, излучающая в рентгеновском диапазоне длин волн, определено значение её электронной температуры. Проведенные эксперименты показали, что на их основе может быть развита технология создания рентгеновского источника, который может обеспечить достаточную плотность мощности на площадях ~ 1.0 дм². Такой источник может быть использован для обработки поверхностных слоёв материалов, например, в авиастроении. Из вышесказанного вытекает практическая значимость проведенных в диссертации исследований.

В целом диссертация воспринимается как цельное научное исследование. Тем не менее, хотелось бы сделать несколько критических замечаний:

1. Ограничивая себя в названии диссертации задачами лабораторной астрофизики, автор тут же нарушает очерченные границы и в четвёртой главе использует разработанную методику для анализа характеристик плазмы, создаваемой с целью получения мощного рентгеновского источника для технологических целей.

2. В работе есть примеры не совсем корректного цитирования. В частности,

- на стр. 36, где сделан краткий обзор работ [66-72], посвящённых исследованию влияния магнитного поля на разлёт лазерной плазмы, сказано: “Следует отметить, что все эти исследования проводились в условиях, в которых замагниченными являлись только электроны, а степень замагниченности ионов можно считать пренебрежимо малой”. Но это не так! Чтобы убедиться в этом достаточно взглянуть на рис. 18 работы [72] (Ю.П. Захаров и др. ФП, 2006 г.), где приведены результаты исследований желобковой неустойчивости при разлёте плазмы в магнитное поле при параметре замагниченности ионов $\epsilon = R_L/R_B = 0.2-0.3$;
- на стр. 11 автореферата (с которого я всегда начинаю чтение работы!) сделано достаточно громкое утверждение: “В главе 1 показано, что инвариантность магнитогидродинамических уравнений, описывающих эволюции плазмы, дает возможность при соблюдении определенных условий (критериев масштабирования) моделировать астрофизических плазменные потоки струями лазерной плазмы”. Но при детальном изучении полного текста диссертации убеждаешься, к сожалению, что не “показано”, а “рассказано” – сделан достаточно квалифицированный обзор подходов к получению критериев масштабирования.

Отмеченные недостатки ни в коей мере не умаляют полученных в диссертации Рязанцева С. Н. результатов. Представленная к защите работа является законченным научным исследованием. Основные результаты и использованные для их получения методы и подходы достаточно полно и подробно изложены в девяти статьях, опубликованных в журналах, включенных в систему цитирования Web of Science: Science Citation Index Expanded. Кроме того, положения диссертации апробированы в докладах на двенадцати международных конференциях.

Диссертация является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи: разработка новой методики рентгеноспектральной диагностики плазмы с произвольным ионизационным состоянием, имеющей значение для развития физики плазмы и рентгеновской спектроскопии. Работа выполнена на высоком научном уровне, в ней представлены практически важные результаты. Диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, и свидетельствует о личном вкладе Рязанцева С.Н. в науку.

Таким образом, представленная к защите диссертация соответствует всем критериям, установленным п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней № 842 от 24.09.2013г., а ее автор Сергей Николаевич Рязанцев несомненно заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.08 – Физика плазмы.

Аннотация полностью соответствует содержанию диссертации

Главный научный сотрудник РФЯЦ-ВНИИЭФ

Доктор физико – математических наук

 В.А. Терехин

Сведения о составителе отзыва:

Терехин Владимир Александрович, доктор физико – математических наук, почтовый адрес: 607188, Нижегородская обл., г. Саров, пр. Мира, 37, телефон: 8 (83130) 4-07-17, адрес электронной почты: terekhin@vniief.ru, наименование организации: Федеральное государственное унитарное предприятие Российский Федеральный Ядерный Центр Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики

Подпись Терехина В.А. заверяю.

Учёный секретарь РФЯЦ – ВНИИЭФ,
кандидат физико – математических наук

 В.В. Хижняков

Адрес организации: 607188, Нижегородская обл., г. Саров, пр. Мира, 37, Федеральное государственное унитарное предприятие Российский Федеральный Ядерный Центр - Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной (ФГУП РФЯЦ-ВНИИЭФ)