

О Т З Ы В

официального оппонента на диссертацию

Елагандула Нага Варун:

“Теоретические исследования солнечных корональных петель:

нелинейная радиальная мода», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.03 – физика Солнца

Актуальность темы

С запуском орбитальной станции TRACE в апреле 1998 г. появилась уникальная возможность получать изображения корональных петель с беспрецедентным угловым разрешением в крайнем ультрафиолетовом диапазоне. В результате, на изображениях впервые удалось обнаружить видимые поперечные колебания корональных петель, которые были отождествлены с собственными изгибными модами магнитных трубок. Это событие ознаменовало рождение нового метода исследований короны Солнца, названного корональной сейсмологией. Тем самым был сделан качественный скачок, позволивший перейти на новый уровень понимания волновых процессов в солнечной атмосфере.

Между тем далеко не все моды колебаний можно разрешать с помощью спутниковых наблюдений. Зачастую приходится ограничиваться лишь анализом модулируемого ими излучения. Несмотря на это, такой подход позволяет проводить ранее недоступную диагностику плазмы и магнитных полей в короне Солнца и даже звезд. В связи с этим важность исследования колебаний и волн в корональных петлях трудно переоценить, поскольку, как считается, именно здесь зарождаются наиболее мощные процессы энерговыделения, сопровождаемые солнечными вспышками и выбросами массы.

Если теория линейных колебаний тонких магнитных трубок достаточно хорошо развита, то теория нелинейных волн ввиду математических трудностей все еще вызывает много вопросов. В первую очередь, это касается так называемой радиальной моды корональных петель, которая может приводить к эффективной модуляции радио-, оптического, ультрафиолетового и рентгеновского излучения с характерными периодами от одной до нескольких десятков секунд. В значительной мере это объясняется довольно сложными дисперсионными особенностями этих волн.

В свете вышесказанного, актуальность диссертационная работа Елагандула Нага Варун, посвященная исследованию особенностей поведения нелинейной радиальной моды однородной магнитной трубки в условиях солнечной короны, сомнений не вызывает.

Научная новизна и значимость работы

Отмечу результаты, которые были получены диссертантом впервые.

1. В рамках идеальной магнитной гидродинамики выведено нелинейное уравнение Шредингера с кубической нелинейностью для радиальных мод однородной магнитной трубки в предположении малого значения плазменного параметра бета, что позволяет описывать ряд нелинейных явлений, таких как модуляционная неустойчивость, самофокусировка волновых пакетов, образование солитонов и волновая турбулентность.
2. Обнаружен режим супернелинейности, когда нелинейные эффекты начинают играть важную роль даже в случае возбуждения радиальных мод малой амплитуды.
3. Проведен анализ модуляционной неустойчивости, развитие которой может приводить к генерации квазипериодических радиальных мод в корональных петлях.
4. На основе численных расчетов изучены нелинейные эффекты, связанные с образованием солитонов и солитоноподобных образований в короне Солнца.

Научная значимость работы определяется дальнейшим развитием теории волн в магнитных трубках, а также возможностью совершенствования методов диагностики магнитного поля и параметров плазмы в солнечных корональных петлях.

Достоверность полученных результатов подтверждена их признанием при обсуждении на семинарах и всероссийских конференциях, публикациями в рецензируемых журналах, включая публикацию в *Astrophys. J.* с квартилем Q1 без соавторов.

Личный вклад автора

Постановка задач, аналитические расчеты и интерпретация результатов проводились автором совместно с Михалевым Б.Б., Рудерманом М.С., Манкаевой Г.А. и Соловьевым А.А. Численные программы для расчета нелинейных коэффициентов и изучение эволюции нелинейных волн, описываемых нелинейным уравнением Шредингера, выполнены автором самостоятельно. Следует также отметить обнаруженный автором режим супернелинейности для радиальных мод однородных магнитных трубок в условиях солнечной короны.

Замечания по диссертационной работе

Существенным недостатком работы является пренебрежение диссипативными процессами, связанными с тепловпроводными и радиационными потерями, а также ионной вязкостью, что могло существенно повлиять на полученные результаты. Автору следовало бы провести соответствующий анализ, поскольку быстрые магнитозвуковые волны с периодами 1 - 10 с в условиях солнечной короны могут быть подвержены довольно сильному затуханию (см., например, Tsap Y., 2000, Solar Phys., 194, 131). Астрономия – наука наблюдательная, поэтому в диссертации следовало бы больше уделить внимания практическим приложениям полученных теоретических результатов. Вызывает некоторое недоумение утверждение автора, что в случае «стационарных» волн, «волны осциллируют между точками основания в хромосфере». Видимо, в данном случае речь идет не о стационарных, а о стоячих волнах, характеризующихся постоянством фазы. Представляется также не совсем верным утверждение, что «существует минимальное волновое число, соответствующее основной моде, ниже которого нет никаких радиальных мод». Следует напомнить, что помимо неизлучающих (non-leaky) радиальных мод, рассмотренных автором, в солнечной короне могут также существовать излучающие (leaky) моды, дисперсионные особенности которых, в частности, были рассмотрены в пионерской работе Зайцева и Степанова (1975, Исслед. геомагн., аэроном. физ. Солнца, 37, 3), а также статье Копыловой и др. (2007, Изв. КрАО, 12, 26). В последнем случае решения волнового уравнения выражаются через функции Ханкеля, которые, в отличие от всего семейства бесселевых функций, стремятся к нулю при стремлении действительной и/или мнимой части комплексного аргумента к бесконечности. В тексте диссертации встречаются неудачные фразы, а также повторения. Например, на стр. 10 сказано: «Механизмы, основанные на МГД-волнах, интерпретируют наблюдаемые КПП как результат модуляции электромагнитного спектра МГД-волнами...». Аббревиатура НУШ расшифровывается в ходе изложения материала диссертации более 10 раз.

Вместе с тем отмеченные выше замечания ни в коей мере не умоляют значимость полученных автором результатов, а наиболее существенные из них могут быть им учтены в дальнейших публикациях.

Заключение

По теме диссертации опубликовано 10 работ, в том числе 4 статьи в научных журналах, рекомендованных ВАК, и 6 работ в материалах всероссийских конференций. Опубликованные труды в полной мере отражают содержание диссертации. Результаты, полученные в диссертации, имеют существенное значение для дальнейшего развития

теории нелинейных волн в короне Солнца, а также методов диагностики плазмы и магнитных полей корональных петель. Работа является законченным исследованием и выполнена автором самостоятельно на высоком научном уровне. Диссертация написана достаточно грамотно, стиль изложения - научный. Хотелось бы обратить особое внимание на хороший русский диссертанта. По каждой главе имеются выводы. Автореферат, в котором представлены основные этапы и результаты исследования, соответствует содержанию работы.

Диссертация представляет собой законченный научно-исследовательский труд, выполненный на актуальную тему. Она полностью соответствует «Положению о порядке присуждения ученых степеней» (пункты 9-14). Диссертационная работа отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Елагандула Нага Варун заслуживает присуждения ему степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.03 – физика Солнца.

Официальный оппонент,
доктор физико-математических наук,
ведущий научный сотрудник Отдела физики Солнца и Солнечной системы Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Крымская астрофизическая обсерватория Российской академии наук»


Цап Ю.Т.

Подпись Ю.Т. Цап заверяю

Директор Федерального государственного бюджетного учреждения науки
«Крымская астрофизическая обсерватория
Российской академии наук» (КРАО РАН)




Ростпочина-Шаховская А.Н.

Адрес:

ФГБУН «Крымская астрофизическая обсерватория РАН»
пгт. Научный
Бахчисарайский р-н.
Республика Крым, 298409
E-mail: yur_crao@mail.ru