

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора физико-математических наук
Александра Михайловича Баранова на диссертацию
Марии Александровны Мастеровой «Динамика заряженной частицы в поле
вращающегося намагниченного небесного тела», представленной на соискание
учёной степени кандидата физико-математических наук
по специальности 01.04.02 – Теоретическая физика

Актуальность темы диссертационного исследования

За последнее время усиление интереса к физике сильно намагниченных астрофизических объектов, таких как рентгеновские пульсары и источники повторяющихся гамма всплесков, привело к появлению ряда новых исследований, что уже само по себе означает актуальность выбранной темы диссертационного исследования.

Несмотря на достижения в понимании свойств пульсаров, механизм излучения таких компактных астрофизических объектов до сих пор не является полностью изученным. К примеру, отсутствует общая точка зрения на механизм когерентного радиоизлучения. Важным этапом построения теории этого процесса служит представление о движении заряженных частиц в электромагнитном поле пульсаров и других объектов, обладающих сильным магнитным полем. В настоящее время в литературе для описания поля пульсара, как правило, используется модель намагниченной проводящей сферы, для которой получение аналитического решения уравнений движения заряженных частиц в этом поле привело к успеху только для стационарного случая, то есть когда ось вращения астрофизического объекта совпадает с его магнитным моментом.

Решение уравнений движения для нестационарного случая сталкивается с большими техническими трудностями. Уже определение траектории заряженных частиц, движущихся в магнитном поле Земли, является трудоемкой задачей. Поэтому следует только приветствовать разработку новых методов исследования движения заряженных частиц в поле магнитного диполя, так как такие подходы являются актуальными с точки зрения выявления и уточнения конфигурации магнитного поля намагниченных астрофизических объектов. Тем более, что возможность решить данные уравнения движения аналитически «в лоб» вызывает большие сомнения. В этой связи любой подход к анализу динамики заряженных частиц в поле пульсара представляет огромный научный интерес.

Общая характеристика диссертационной работы

Диссертационная работа имеет следующую структуру: Введение, три главы, Заключение и Список цитируемой литературы. Диссертация изложена на 106 страницах машинописного текста, содержит 37 рисунков и 103 библиографических ссылки.

Во **Введении** отмечается и обосновывается актуальность темы диссертации. Эта тема, в самом деле, важна и актуальна для нашего понимания ряда явлений, происходящих в окрестности намагниченных астрофизических объектов.

Диссертант приводит во **Введении** хороший краткий обзор литературы по теме диссертации, вводящий в суть дела и подготавливающий к восприятию дальнейшего изложения исследований самого диссертанта и их места в мировой научной литературе.

При этом четко формулируются цели и задачи исследования, а также их теоретическая и практическая значимость вместе с новыми результатами, полученными в диссертации. Приведено описание структуры работы.

В **Первой главе** диссертации изучается динамика нерелятивистской заряженной частицы в поле прецессирующего магнитного дипольного момента. Шесть разделов составляют эту главу. В разделе 1.1 проводятся расчеты по нахождению поля и его свойств для вращающегося непроводящего тела с дипольным магнитным моментом и осью диполя, наклоненной к оси вращения. Раздел 1.2 посвящен записи нерелятивистской функции Лагранжа во вращающейся системе отсчета. Введена соответствующая эффективная энергия. В разделе 1.3 для частицы в поле диполя найдены релятивистские уравнения движения, как в трехмерном виде, так и ковариантной записи в инерциальной системе отсчета. Исследование эффективной потенциальной энергии проводится в разделе 1.4. В частности, находятся стационарные точки эффективной потенциальной энергии, и доказывается, что эти точки соответствуют положениям неустойчивого равновесия в сопутствующей системе отсчета. В разделе 1.5 построены поверхности, которые ограничивают разрешенные и запрещенные для движения заряженных частиц области. Выводы по результатам **Главы 1** помещены в раздел 1.6.

Вторая глава посвящена нахождению и исследованию свойств эффективной потенциальной энергии релятивистской заряженной частицы в поле прецессирующего магнитного дипольного момента и в поле намагниченной проводящей сферы. В разделе 2.1 проведен подробный анализ поля вращающейся намагниченной сферы. Раздел 2.2 посвящен нахождению интеграла движения для частицы, движущейся в произвольном вращающемся электромагнитном поле. В разделе 2.3 строится полная энергия в неинерциальной системе отсчета и рассматривается динамика частиц во вращающейся системе отсчета. В разделе 2.4 проводится анализ стационарных точек эффективной потенциальной энергии, являющихся точками соприкосновения двух разрешенных для движения областей. Построению сечений эквипотенциальных поверхностей для положительно и отрицательно заряженных частиц посвящен раздел 2.5. Исследованию потенциальной энергии заряженных частиц в поле абсолютно проводящей сферы посвящен раздел 2.6. В разделе 2.7 проведено суммирование результатов **Главы 2** и сделаны выводы.

В третьей главе получено уравнение бессиловой поверхности, которое справедливо на любых расстояниях внутри светового цилиндра. Исследована геометрия этой поверхности. В разделе 3.1 вводится понятие бессиловой поверхности, на которой заряженные частицы, теряя энергию на излучение, могут накапливаться. Раздел 3.2 посвящен построению уравнению бессиловой поверхности применительно к рассматриваемым в диссертации случаям. Геометрия бессиловой поверхности исследуется в разделе 3.3. Раздел 3.4 посвящен выводам по результатам **Главы 3**.

Заключение содержит список основных результатов работы.

Оценка научной новизны и достоверности результатов

Научная новизна работы заключается в следующем:

1. Для релятивистской заряженной частицы, движущейся в электромагнитном поле небесного тела с сильным магнитным полем найдены разрешенные и запрещенные области для движения. Показано, что существуют замкнутые эквипотенциальные поверхности для частиц с энергией ниже определенного уровня.
2. В результате анализа эффективной потенциальной энергии для релятивистской частицы в поле проводящей намагниченной сферы показано, что для отрицательно заряженных частиц существует минимум потенциальной энергии, и этот минимум расположен вблизи магнитных полюсов намагниченного небесного тела.
3. Впервые исследованы уравнение и геометрия бессиловой поверхности для поля вращающейся намагниченной проводящей сферы на расстояниях вплоть до светового цилиндра.

Достоверность полученных результатов обусловлена четкой постановкой задач и их решением с применением стандартных методов теоретической и математической физики.

Практическая значимость. Результаты диссертационной работы могут быть использованы для исследования динамики заряженных частиц в окрестности различных астрофизических объектов с асимметричным магнитным полем.

Основные результаты диссертации опубликованы в 11 работах автора, в числе которых шесть статей в журналах из перечня рецензируемых научных журналов и изданий, рекомендованных ВАК РФ.

Содержание автореферата правильно отражает содержание диссертации.

Результаты диссертации прошли апробацию на Всероссийских и международных научных конференциях.

При оценке диссертационной работы следует сделать следующие замечания:

1. Одним из важных достоинств диссертации является проведение аналитического исследования по сравнению с предшествующими работами по данной теме, где исследования велись с использованием методов численного моделирования.
2. Работа написана грамотно, хорошим научным языком, хотя и присутствуют мелкие погрешности, объяснимые техническими причинами. К примеру, на с.5., строка 8 сверху; на с.19, строка 4 сверху не выделены причастные обороты, а на с.19, строка 3 сверху вместо раздела 1.1 указан раздел 2.1.
3. При исследовании эффективной потенциальной энергии частицы в окрестности небесного тела диссертант не учитывает взаимодействие частицы с гравитационным полем этого тела. Это означает, что результаты, полученные в диссертации, справедливы для тел со слабым гравитационным полем или очень сильным электромагнитным полем. Данный вопрос в диссертации не обсуждается, так как выходит за рамки исходной постановки задачи.
4. Потенциальная энергия, используемая в диссертации, построена в предположении, что частица движется в вакууме. Однако, если магнитосфера звезды заполняется плазмой, то в областях захвата частиц создается пространственный заряд, поле которого будет искажать эквипотенциальные поверхности. В работе следовало бы оценить пределы, в которых накопленный заряд не меняет структуру эквипотенциальных поверхностей.
5. Необходимо отметить, что исследование бессиловой поверхности за пределами светового цилиндра, приведенное в разделе 3.2, не имеет практического смысла, так как частица не может покоиться относительно этой поверхности.
6. Приведенное в диссертации кубическое уравнение (1.109) на с.47 можно рассматривать как уравнение катастрофы сборки, исследование которого может пролить дополнительный свет на физику и геометрию рассматриваемого случая в разделе 1.5.1. Аналогичное замечание относится и к уравнению (1.75), которое легко сводится к кубическому.

Указанные недостатки и замечания ни в коей мере не снижают научных достоинств диссертации, а скорее носят характер пожеланий на будущее. Полученные в диссертации результаты являются новыми и представляют несомненный научный интерес.

Считаю, что представленная диссертационная работа, безусловно, удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым ВАК РФ к кандидатским диссертациям, а сама М.А.Мастерова несомненно заслуживает присвоения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 – Теоретическая физика.

Официальный оппонент

Заведующий кафедрой физики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Красноярский государственный педагогический университет имени В.П. Астафьева», доктор физико-математических наук (диссертация защищена по специальности 01.04.02 – Теоретическая физика), профессор

Баранов Александр Михайлович



660049, г. Красноярск, ул. Ады Лебедевой, 89
тел. +7 391 211 3177
e-mail: kspu@kspu.ru;
<http://www.kspu.ru/>

Подпись А.М.Баранова заверяю



дата *25.05.2015*