

**ОТЗЫВ**  
**официального оппонента**  
**о диссертации на соискание ученой степени**  
**доктора физико-математических наук**  
**Соколова Владимира Андреевича**  
**на тему «Эффекты нелинейной электродинамики вакуума»**  
**по специальности 1.3.3. Теоретическая физика**

В диссертации В. А. Соколова рассматриваются **актуальная научная задача** — модификация электромагнитного сектора, одного из давно утвердившихся ключевых разделов физики фундаментальных взаимодействий. Для решения этой задачи автор диссертации предлагает использовать нелинейные модели, что позволяет исследовать новые эффекты, а также устранить противоречия и ограничения, присущие линейной теории. Предложенный подход предоставляет возможность описания физических процессов в экстремальных условиях, реализующихся вблизи нейтронных звезд и чёрных дыр, а также позволяет предсказать новые явления, потенциально доступные для наблюдения.

Текст диссертации состоит из введения, пяти глав, заключения, двух приложений и списка литературы.

В первой главе проводится адаптация тетрадного метода описания полевых систем для изучения эффектов нелинейной электродинамики. Данный метод ранее успешно применялся в теории гравитации для получения новых решений и исследования их свойств, что позволяет обоснованно ожидать его продуктивности в других разделах физики. В диссертации выявлено особое свойство тензора энергии-импульса нелинейной электродинамики, на основании которого В. А. Соколову удалось сформулировать новый вид энергетического условия.

С использованием метода, изложенного в первой главе, проведена проверка этого энергетического условия для различных типов материи и поля.

Во второй главе анализируются эффекты нелинейной электродинамики вакуума, проявляющиеся в астрофизических условиях под воздействием

сильных электромагнитных полей, источниками которых могут выступать заряженные чёрные дыры и нейтронные звезды.

В третьей главе, в продолжение исследований для астрофизических приложений, детально изучается распространение электромагнитных волн в поле пульсара и проводится оценка возможности экспериментальной регистрации эффекта двулучепреломления для таких волн. Традиционно при описании этого эффекта накладывается условие малости внешнего поля относительно характерного параметра модели нелинейной электродинамики вакуума.

В четвертой главе диссертации данный эффект исследован в более общей постановке, не требующей приближения слабого поля. В пятой главе обсуждаются модели нелинейной электродинамики, обладающим заданными свойствами групповых симметрий.

Текст диссертации представляет собой целостное и структурированное изложение результатов исследования, в котором последовательно и аргументированно обосновываются положения, выносимые на защиту.

**Обоснованность положений, выносимых на защиту, и их достоверность достигается** строгим применением аппарата математических методов теории поля, тщательным анализом соответствия полученных результатов ранее установленным предельным случаям, а также сопоставлением аналитических результатов с данными численного моделирования при различных режимах и конфигурациях модельных параметров.

Научная новизна представленной работы заключается в комплексном исследовании эффектов нелинейной электродинамики вакуума, объединившем геометрический подход, анализ динамики излучения и структуры фундаментальных симметрий полевых уравнений.

В диссертации впервые вычислены поправки нелинейной электродинамики к собственному излучению пульсара. На их основе выполнены количественные оценки замедления вращения пульсара.

Впервые проведено исследование геометрических свойств пространства-времени вырожденной заряженной чёрной точки и установлена регулярность эффективного пространства-времени, определяющего динамику фотонов.

Аналитически описано распространение электромагнитных волн в поле пульсара, впервые получено общее решение для изотропных геодезических лучей, на основании которого рассчитана задержка нормальных волн.

Представлена новая модель нелинейной электродинамики, обладающая особыми конформными свойствами, а также введен принцип нарушения дуальной симметрии.

Можно с полной уверенностью утверждать, что **выводы и рекомендации диссертации обладают научной новизной** и вносят существенный вклад в развитие теории экстремально сильного электромагнитного поля. Автор не только достигает новых значимых теоретических результатов, но и убедительно демонстрирует, что исследованные им эффекты могут быть экспериментально зарегистрированы, что существенно повышает прикладную значимость работы.

Безусловно столь масштабная и оригинальная работа не может быть свободна от отдельных недостатков.

Значительная часть исследования выполнена в рамках модели Борна-Инфельда, в частности использованной для анализа свойств чёрных дыр. Учитывая важную роль этой модели для полученных результатов, целесообразно более подробно осветить в диссертации современное состояние вопроса о её реализуемости, а также привести современные ограничения на параметры этой модели, установленные по экспериментальным данным. Кроме того, по моему мнению, диссертации не хватает систематического обзора экспериментальных исследований в области нелинейной электродинамики вакуума. Хотя такие работы упоминаются во введении, их более подробное рассмотрение было бы чрезвычайно полезным. Это помогло бы читателю лучше понять место рассматриваемых моделей в общей картине

поиска новых физических эффектов за пределами классической теории Максвелла.

При анализе конформно-инвариантных моделей нелинейной электродинамики автор подчеркивает отсутствие размерного параметра исключительно как преимущество, связанное с масштабной симметрией теории. В то же время это свойство модели затрудняет установление конкретных условий для её экспериментальной или наблюдательной проверки. Не отмечены и другие известные недостатки конформно-инвариантных моделей, например, отсутствие регуляризирующих свойств и связи с эффективными квантовыми теориями, а также возможная неустойчивость решений. Восприятие конформной-инвариантности как фундаментальной симметрии следует рассматривать с осторожностью, поскольку квантовые радиационные поправки, неизбежные в реалистичных физических системах, приводят к нарушению такой симметрии.

В работе используется приближение эйконала для вычисления коэффициентов непертурбативного двулучепреломления вакуума в магнитном поле. Хотя этот метод эффективен для анализа изменения фазы, он не учитывает динамику амплитуды волны, что делает невозможным описание таких эффектов, как резонансное поглощение одной из поляризационных мод и когерентные осцилляции между модами. Принимая во внимание глубину проведенного исследования, было бы полезно включить в диссертацию краткое обсуждение границ применимости используемого приближения. Это в свою очередь может послужить отправной точкой нового исследования с использованием подхода, явно учитывающего мнимую часть поляризационного оператора.

Указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М. В. Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует специальности 1.3.3. Теоретическая физика (по физико-математическим

наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1–2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М. В. Ломоносова. Диссертационное исследование оформлено согласно требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова.

Таким образом, соискатель Соколов Владимир Андреевич заслуживает присуждения ученой степени доктора наук по специальности 1.3.3. Теоретическая физика.

Официальный оппонент:

Доктор физико-математических наук  
профессор кафедры теоретической физики  
физического факультета ФГБОУ ВО  
«Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова»  
Борисов Анатолий Викторович

04.05.2026

Контактные данные:

тел.:

Специальность, по которой официальным оппонентом  
защищена диссертация: 01.04.02. Теоретическая физика

Адрес места работы:

119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 2,  
МГУ, физический факультет, кафедра теоретической физики  
Тел.

Подпись сотрудника физического факультета  
МГУ имени М. В. Ломоносова А. В. Борисова удостоверяю:

И. о. декана физического факультета МГУ  
профессор

В. В. Белокуров

06.05.2026