

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертационный совет Д 212.267.07, созданный на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», извещает о результатах состоявшейся 02 июня 2016 года публичной защиты диссертации Казинского Петра Олеговича «Непертурбативные эффекты в интенсивных электромагнитных и гравитационных полях» по специальности 01.04.02 – Теоретическая физика на соискание ученой степени доктора физико-математических наук.

Время начала заседания: 14-30.

Время окончания заседания: 16-35.

На заседании диссертационного совета присутствовали 20 из 24 членов диссертационного совета, из них 7 докторов наук по специальности 01.04.02 – Теоретическая физика:

1. Багров В.Г., председатель диссертационного совета	д-р физ.-мат. наук	01.04.02
2. Ивонин И.В., заместитель председателя диссертационного совета	д-р физ.-мат. наук	01.04.10
3. Киреева И.В., ученый секретарь диссертационного совета	д-р физ.-мат. наук	01.04.07
4. Бордовицын В.А.	д-р физ.-мат. наук	01.04.02
5. Брудный В.Н.	д-р физ.-мат. наук	01.04.10
6. Войцеховский А.В.	д-р физ.-мат. наук	01.04.10
7. Гермогенов В.П.	д-р физ.-мат. наук	01.04.10
8. Дударев Е.Ф.	д-р физ.-мат. наук	01.04.07
9. Караваев Г.Ф.	д-р физ.-мат. наук	01.04.10
10. Коротаев А.Д.	д-р физ.-мат. наук	01.04.07
11. Лавров П.М.	д-р физ.-мат. наук	01.04.02
12. Ляхович С.Л.	д-р физ.-мат. наук	01.04.02
13. Мельникова Н.В.	д-р физ.-мат. наук	01.04.07
14. Потекаев А.И.	д-р физ.-мат. наук	01.04.07
15. Старенченко В.А.	д-р физ.-мат. наук	01.04.07
16. Трифонов А.Ю.	д-р физ.-мат. наук	01.04.02
17. Тютюрев В.Г.	д-р физ.-мат. наук	01.04.10
18. Чумляков Ю.И.	д-р физ.-мат. наук	01.04.07
19. Шаповалов А.В.	д-р физ.-мат. наук	01.04.02
20. Шарапов А.А.	д-р физ.-мат. наук	01.04.02

Заседание провёл председатель диссертационного совета, доктор физико-математических наук Багров Владислав Гаврилович.

По результатам защиты диссертации тайным голосованием (результаты голосования: за присуждение ученой степени – 20, против – нет, недействительных бюллетеней – нет) диссертационный совет принял решение присудить П.О. Казинскому ученою степень доктора физико-математических наук.

Заключение диссертационного совета Д 212.267.07

**на базе федерального государственного автономного образовательного
учреждения высшего образования**

«Национальный исследовательский Томский государственный университет»

Министерства образования и науки Российской Федерации

по диссертации на соискание ученой степени доктора наук

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 02.06. 2016 г., № 48

О присуждении **Казинскому Петру Олеговичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора физико-математических наук.

Диссертация **«Непертурбативные эффекты в интенсивных электромагнитных и гравитационных полях»** по специальности **01.04.02** – Теоретическая физика, принята к защите 17.12.2015 г., протокол № 42, диссертационным советом Д 212.267.07 на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации (634050, г. Томск, пр. Ленина, 36, приказ о создании диссертационного совета № 798-745/68 от 13.04.2007 г.).

Соискатель **Казинский Петр Олегович**, 1982 года рождения.

Диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук **«Эффективная динамика сингулярных источников в классической теории поля»** защитил в 2007 году в диссертационном совете, созданном на базе государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Томский государственный университет».

В 2015 г. соискатель окончил докторантуру федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет».

Работает в должности доцента кафедры квантовой теории поля в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Томский

государственный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре квантовой теории поля федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации.

Научный консультант – доктор физико-математических наук, **Ляхович Семен Леонидович**, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», кафедра квантовой теории поля, профессор.

Официальные оппоненты:

Макаренко Андрей Николаевич, доктор физико-математических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Томский государственный педагогический университет», первый проректор (на момент назначения официальным оппонентом – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Томский государственный педагогический университет», проректор по научной работе)

Сушков Сергей Владимирович, доктор физико-математических наук, доцент, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет», кафедра теории относительности и гравитации, заведующий кафедрой

Кетов Сергей Владимирович, доктор физико-математических наук, ассоциированный профессор лаборатории теоретической физики высоких энергий, Токийский столичный университет (Tokyo Metropolitan University), лаборатория теоретической физики высоких энергий, ассоциированный профессор

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «**Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова**», г. Москва, в своем положительном

заклучении, подписанном **Славновым Андреем Алексеевичем** (академик РАН, доктор физико-математических наук, профессор, кафедра теоретической физики, заведующий кафедрой), указала, что диссертационная работа Казинского П.О. посвящена решению актуальной научной проблемы квантовой теории поля, связанной с нахождением и непертурбативных поправок к эффективному действию квантовой электродинамики и квантовой гравитации. Часть из описанных в диссертации эффектов можно будет проверить на строящихся в данный момент экспериментальных установках: Extreme Light Infrastructure в Европе и Exawatt Center for Extreme Light Studies в России. В рамках квазиклассического подхода Казинским П.О. впервые описана непертурбативная динамика локализованных волновых пакетов электронов в сильном электромагнитном поле: постоянное однородное электромагнитное поле, плоская электромагнитная волна произвольного профиля. Особое внимание уделено случаю рассеяния электронов на плоской линейно-поляризованной электромагнитной волне постоянной амплитуды. Найдены спектральные плотности излучения, сформировавшегося в указанных асимптотических режимах. Доказан ряд общих свойств полной мощности излучения электрона. Указаны условия, при которых можно наблюдать описанные непертурбативные эффекты. Казинским П.О. впервые показано, что стохастические флуктуации могут быть получены за счет деформации пуассоновой структуры и рассматриваются многочисленные примеры стохастических систем, получаемых с помощью алгебраической деформации. В частности, выводится уравнение Фоккера-Планка, ассоциированное со стохастическим уравнением Лоренца-Дирака, которое, по-видимому, ранее в литературе известно не было. Также Казинским П.О. впервые получено явное выражение для высокотемпературного разложения квазиклассического вклада в однопетлевой омега-потенциал, обобщающее известное разложение на случай законов дисперсии с эллипсоидальной поверхностью постоянной энергии. Установлена связь между высокотемпературным разложением свободной энергии системы частиц с вакуумным вкладом в эффективное действие при нулевой температуре. Показано, что казимировский вклад в вакуумную энергию возникает только для законов дисперсии, обладающих точкой ветвления, как, например, релятивистский закон дисперсии. В качестве примеров исследованы

термодинамические свойства электронов в графене и тонкой металлической пленке. Казинским П.О. впервые исследован эффект гравитационного сдвига масс за счет механизма Хиггса. Этот эффект по большей части обусловлен зависимостью эффективного действия поля Хиггса от выбора вакуумного состояния квантовых полей и потому является непертурбативным. Эффект гравитационного сдвига масс можно наблюдать только в сильных гравитационных полях – в окрестности горизонта черных дыр или на ранних стадиях эволюции Вселенной. В диссертации Казинского П.О. приводятся аргументы и явные расчеты в пользу существования квантовой гравитационной аномалии, предлагается возможный механизм ее сокращения и рассматриваются некоторые феноменологические следствия этой процедуры. В результате Казинским П.О. построена самосогласованная, но пертурбативно неперенормируемая, модель квантовой гравитации, выдвигается и исследуется гипотеза отождествления реперной жидкости с темной материей. Результаты работы могут быть использованы в научных и учебных организациях, в которых ведутся исследования по квантовой электродинамике, квантовой гравитации, квантовой теории поля в искривленных пространствах-времени.

Соискатель имеет 23 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации – 23 работы, опубликованных в рецензируемых научных изданиях – 17 (из них 12 статей в зарубежных журналах, индексируемых Web of Science, и 5 статей в российских журналах, переводные версии которых индексируются Web of Science), в сборниках материалов международных и всероссийских научных конференций – 3, электронных препринтов – 3. Общий объем публикаций – 30,8 п.л., авторский вклад – 21,8 п.л.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации, опубликованные в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук:

1. **Kazinski P. O.** Fluctuations as stochastic deformation / P. O. Kazinski // Physical Review E. – 2008. – Vol. 77. – P. 041119 (1-19). – 2,0 п.л. – DOI: 10.1103/PhysRevE.77.041119.

2. **Kazinski P. O.** One-loop effective potential of the Higgs field on the Schwarzschild background / P. O. Kazinski // Physical Review D. – 2009. – Vol. 80. – P. 124020 (1-15). – 1,4 п.л. – DOI: 10.1103/PhysRevD.80.124020

3. Kalinichenko I.S. High-temperature expansion of the one-loop free energy of a scalar field on a curved background / I. S. Kalinichenko, **P. O. Kazinski** // Physical Review D. – 2013. – Vol. 87. – P. 084036 (1-16). – 1,4/0,7 п.л. – DOI: 10.1103/PhysRevD.87.084036.

4. **Kazinski P. O.** Radiation of de-excited electrons at large times in a strong electromagnetic plane wave / P. O. Kazinski // Annals of Physics. – 2013. – Vol. 339. – P. 430-459. – 2,0 п.л. – DOI: 10.1016/j.aop.2013.09.016.

5. Kalinichenko I. S. Non-perturbative corrections to the one-loop free energy induced by a massive scalar field on a stationary slowly varying in space gravitational background / I. S. Kalinichenko, **P. O. Kazinski** // Journal of High Energy Physics. – 2014. – Vol. 1408. – P. 111 (1-61). – 3,7/1,9 п.л. – DOI: 10.1007/JHEP08(2014)111.

На автореферат поступило 5 положительных отзывов. Отзывы представили:

1. **А.Л. Шелепин**, д-р физ.-мат. наук, профессор кафедры высшей математики Московского технологического университета, *без замечаний*. 2. **А.М. Баранов**, д-р физ.-мат. наук, проф., заведующий кафедрой физики Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева, *без замечаний*. 3. **С.В. Червон**, д-р физ.-мат. наук, проф., профессор кафедры физики и технических дисциплин Ульяновского государственного педагогического университета им. И.Н. Ульянова, *без замечаний*. 4. **Б.Н. Фролов**, д-р физ.-мат. наук, профессор кафедры «Теоретическая физика» Московского педагогического государственного университета, *с замечаниями*: в автореферате в ссылках на литературу не полностью отражен вклад в данную область В.И. Ритуса, А.И. Никишова, А.А. Соколова, И.М. Тернова и некоторых других авторов, и по прочтении автореферата может сложиться впечатление, что движение электронов в электромагнитном поле впервые

исследовал автор автореферата; не исследованы возможные астрофизические источники излучения, сформировавшегося на траектории заряженной частицы, движущейся в асимптотическом режиме: например, в окрестности нейтронных звезд существуют и сильные электромагнитные поля, и релятивистские электроны, поэтому при определенных условиях излучение, описанное в диссертации, можно было бы наблюдать; не приведено сравнение найденного периода осцилляций химического потенциала электронов в графене с экспериментальными данными.

5. Ю.В. Брежнев, д-р физ.-мат. наук, доцент кафедры квантовой теории поля Национального исследовательского Томского государственного университета, *с замечаниями*: Положения, выносимые на защиту, текстуально излишне развернуты в формулировках и во многом дублируются в заключительном параграфе «Основные результаты»: и то, и другое лучше было бы сжать; ничего не сказано о сравнении расчетного малого отклонения красного смещения за счет предложенного в диссертации (квантового) механизма Хиггса с экспериментально уже известным (WMAP) нестационарным расширением, приходящим от (классического) введения космологической константы: что понимается под «отклонением от стандартного»: от стационарного хаббловского или от (тоже стандартного) ускоряющегося сценария? сопоставление с подходами и концепциями других авторов заслуживает большего упоминания и ссылок в автореферате.

В отзывах указано, что в настоящее время исследование непертурбативных эффектов занимает одно из центральных мест в физике высоких энергий. В диссертации П.О. Казинского рассмотрен широкий круг актуальных на сегодняшний день задач, связанных с современными российскими и зарубежными экспериментальными работами. Автором впервые разработаны модель темной материи, новый метод дзета-функции для расчетов высокотемпературных разложений однопетлевых поправок к эффективному действию при конечной температуре и плотности, впервые найдены непертурбативные асимптотики динамики заряженных частиц во внешнем электромагнитном поле с учетом реакции излучения. Результаты диссертационной работы получены на основе строгих методов квантовой теории поля, согласуются в ряде частных случаев

с известными результатами других авторов, опубликованы в высокорейтинговых научных изданиях, во многом носят принципиальный характер и являются значительным достижением в данной области. Полученные результаты могут быть использованы в физике ускорителей, физике плазмы, при описании астрофизических явлений и в квантовой гравитации.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что **А.Н. Макаренко** является квалифицированным специалистом в области теоретической физики, гравитации и космологии; **С.В. Сушков** является известным специалистом в области теоретической физики, физики высоких энергий и физики черных дыр; **С.В. Кетов** является известным специалистом в области физики элементарных частиц, квантовой теории поля, космологии и теории струн; на кафедре теоретической физики физического факультета **Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова** работают квалифицированные специалисты по теоретической физике, известные своими достижениями в квантовой теории поля, теории релятивистского излучения и теории гравитации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны общая процедура вывода эффективных уравнений движения, позволяющих исследовать непертурбативную динамику локализованных волновых пакетов квантовых частиц; общая алгебраическая деформационная процедура как для лагранжевых, так и нелагранжевых систем, приводящая к некоторой стохастической механике; общая процедура вывода быстросходящихся разложений однопетлевого вклада в термодинамический потенциал квантовых полей с законом дисперсии, обладающим эллипсоидальной поверхностью постоянной энергии; механизм сокращения квантовой гравитационной аномалии и квантование релятивистской гидродинамики в формализме Тауба-Фока; теория дзета-функции волновых операторов на стационарном фоне общего вида, в частности, для нестатических метрик;

предложены оригинальный метод описания динамики локализованных волновых пакетов заряженных частиц во внешних электромагнитных полях при больших временах; оригинальный метод алгебраической стохастической деформации классических систем, в частности, термодинамической симплектической структуры; модель гравитационного сдвига масс частиц за счет механизма Хиггса; оригинальная квантовая модель релятивистской жидкости и естественные условия нормировки для эффективного действия квантовой гравитации; оригинальная гипотеза о природе темной материи;

доказано, что в постоянном однородном электромагнитном поле и поле плоской волны сила реакции излучения стремится уменьшить полную излучаемую мощность так, что электрон переходит на траекторию с наименьшим излучением; для постоянного однородного внешнего электромагнитного поля полная мощность излучения заряда является монотонно убывающей функцией времени, а в случае плоской волны – ограниченной сверху монотонно убывающей функцией; в асимптотическом режиме для плоской волны круговой поляризации и постоянных скрещенных полей полная мощность излучения, выраженная в терминах собственного времени, не зависит от заряда частицы или напряженности внешнего поля и равна половине энергии покоя частицы, деленной на собственное время частицы, проведенное в электромагнитном поле; в высокотемпературном пределе казимировский член, входящий в термальную часть однопетлевого омега-потенциала, в точности сокращается аналогичным вакуумным вкладом; существование непертурбативной квантовой гравитационной аномалии в однопетлевом эффективном действии квантовой гравитации, индуцированном массивным скалярным полем на стационарном медленно меняющемся в пространстве гравитационном фоне;

введены новое понятие стохастической деформации, аналогичной деформации алгебры наблюдаемых в процедуре деформационного квантования, но с мнимым параметром деформации; новое понятие аномалии энергия-время, характеризующей вариацию эффективного действия теории под действием глобального растяжения времениподобного векторного поля, которое определяет гамильтониан системы.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано, что эффективные уравнения движения заряженных частиц во внешнем электромагнитном поле могут быть использованы для описания непертурбативных асимптотик S -матрицы; непертурбативная квантовая гравитационная аномалия может быть сокращена добавлением в теорию динамического времениподобного векторного поля, что приводит к вкладу в тензор энергии-импульса, по своим свойствам схожему с холодной темной материей.

применительно к проблематике диссертации эффективно использованы метод фонового поля для описания квантовой динамики частиц во внешнем поле; метод построения локализованных решений релятивистских квантовых уравнений; асимптотики физических решений уравнения Лоренца-Дирака и точные решения уравнения Ландау-Лифшица; методы деформационного и БРСТ квантований; разработанные автором новые методы вычисления однопетлевых поправок на стационарном гравитационном фоне общего вида, во многом основанные на известной процедуре разложения теплового ядра и понятии дзета-функции от оператора лапласовского типа;

изложены результаты исследования динамики заряженных частиц при больших временах в постоянном однородном электромагнитном поле и поле плоской волны; алгебраическая процедура стохастической деформации и ее применение ко многим классическим моделям; общая процедура вывода быстросходящихся разложений однопетлевого вклада в ω -потенциал квантовых полей с законом дисперсии, обладающим эллипсоидальной поверхностью постоянной энергии, и ее применение к ряду моделей; описание общих свойств эффекта гравитационного сдвига масс массивных частиц за счет механизма Хиггса в рамках Стандартной модели; механизм сокращения непертурбативной квантовой гравитационной аномалии, приводящий к возникновению в теории нового динамического векторного поля;

изучен ряд непертурбативных эффектов в интенсивных электромагнитных и гравитационных полях.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены новые учебные программы для студентов и аспирантов, специализирующихся в области квантовой теории поля на физическом факультете Национального исследовательского Томского государственного университета;

определены характеристики релятивистских электронов, рассеянных на лазерном пучке высокой интенсивности в режиме преобладания реакции излучения, и спектральная плотность создаваемого при этом излучения;

представлены результаты, которые в перспективе могут быть использованы для совершенствования технологий управления пучками заряженных частиц.

Рекомендации об использовании результатов диссертационного исследования. Полученные результаты могут быть использованы в научных и образовательных учреждениях, в которых ведутся исследования по сходной тематике: Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН (г. Москва), Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Казанский (Приволжский) федеральный университет, Ульяновский государственный педагогический университет им. И.Н. Ульянова, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томский государственный педагогический университет.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

теория построена на основе строгих методов математической физики и квантовой теории поля и совпадают в частных случаях с известными результатами других авторов;

использовано сопоставление полученных результатов с опубликованными результатами исследований других авторов;

установлены непротиворечивость, качественное, а во многих случаях и количественное согласие полученных результатов с результатами, представленными в независимых источниках.

Научная новизна работы заключается в том, что впервые описаны свойства ультрарелятивистских электронов, рассеянных на интенсивном лазерном пучке линейной поляризации в режиме доминирования реакции излучения. Показано, что большая часть прошедших электронов рассеивается на малые углы к направлению распространения электромагнитной волны, причем прошедшие электроны обладают одинаковыми проекциями импульса на ось, параллельную вектору электрического поля электромагнитной волны. Для электронов, отраженных от лазерного пучка, впервые найден универсальный закон отражения, связывающий углы падения и отражения. Введено понятие стохастической деформации и построена соответствующая общая алгебраическая деформационная процедура как для лагранжевых, так и нелагранжевых систем. Разработана общая процедура вывода и получены явные формулы для быстросходящихся разложений однопетлевого омега-потенциала квантовых полей с законом дисперсии, обладающим эллипсоидальной поверхностью постоянной энергии. Предсказан эффект гравитационного сдвига масс массивных частиц за счет механизма Хиггса. Данный эффект приводит, в частности, к малым отклонениям от стандартного закона красного смещения ОТО. Доказано существование непертурбативной квантовой гравитационной аномалии в однопетлевом эффективном действии квантовой гравитации, индуцированном массивным скалярным полем на стационарном медленно меняющемся в пространстве гравитационном фоне. Разработан механизм сокращения квантовой гравитационной аномалии, приводящий к возникновению в теории нового динамического векторного поля. Показано, что это векторное поле может быть ответственно за большую часть холодной темной материи. Введено понятие и получено явное однопетлевое выражение для аномалии энергия-время. Эта аномалия характеризует вариацию эффективного действия теории под действием глобального растяжения векторного поля, определяющего гамильтониан системы.

Личный вклад соискателя состоит в: постановке цели диссертационной работы и решении задач для ее достижения. Все основные результаты диссертации получены лично соискателем. По полученным результатам написаны статьи (в соавторстве), сделаны доклады на научных конференциях и семинарах.

Диссертация соответствует п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение в области описания непертурбативных эффектов в квантовой теории поля.

Диссертация отвечает критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней для диссертаций на соискание ученой степени доктора наук.

На заседании 02.06.2016 г. диссертационный совет принял решение присудить **Казинскому П.О.** ученую степень доктора физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 7 докторов наук по специальности 01.04.02 – Теоретическая физика, участвовавших в заседании, из 24 человек входящих в состав совета, проголосовал: за – 20, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель

диссертационного совета



Багров Владислав Гаврилович

Ученый секретарь

диссертационного совета

Киреева Ирина Васильевна

02 июня 2016 г.