

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 22 марта 2018 года публичной защиты диссертации Калиниченко Игоря Степановича «Высокотемпературные разложения большого термодинамического потенциала в фоновых полях» по специальности 01.04.02 – Теоретическая физика на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук.

Присутствовали 19 из 24 членов диссертационного совета, из них 7 докторов наук по специальности 01.04.02 – Теоретическая физика:

- | | |
|---|----------|
| 1. Багров В. Г., доктор физико-математических наук, профессор,
председатель диссертационного совета, | 01.04.02 |
| 2. Ивонин И. В., доктор физико-математических наук, старший научный
сотрудник, заместитель председателя диссертационного совета, | 01.04.10 |
| 3. Киреева И. В., доктор физико-математических наук, старший научный
сотрудник, учёный секретарь диссертационного совета, | 01.04.07 |
| 4. Бордовицын В. А., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.04.02 |
| 5. Брудный В. Н., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.04.10 |
| 6. Войцеховский А. В., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.04.10 |
| 7. Гермогенов В. П., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.04.10 |
| 8. Дударев Е. Ф., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.04.07 |
| 9. Коротаев А. Д., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.04.07 |
| 10. Лавров П. М., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.04.02 |
| 11. Ляхович С. Л., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.04.02 |
| 12. Мельникова Н. В., доктор физико-математических наук, | 01.04.07 |
| 13. Потекаев А. И., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.04.07 |
| 14. Толбанов О. П., доктор физико-математических наук, профессор | 01.04.10 |
| 15. Трифонов А. Ю., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.04.02 |
| 16. Тюменцев А. Н., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.04.07 |
| 17. Чумляков Ю. И., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.04.07 |
| 18. Шаповалов А. В., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.04.02 |
| 19. Шарапов А. А., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.04.02 |

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

По результатам защиты диссертации тайным голосованием (результаты голосования: за присуждение ученой степени – 19, против – нет, недействительных бюллетеней – нет) диссертационный совет принял решение присудить И. С. Калиниченко учёную степень кандидата физико-математических наук.

**Заключение диссертационного совета Д 212.267.07,
созданного 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 кандидата наук
аттестационное дело № _____**

решение диссертационного совета от 22.03.2018 № 5

О присуждении **Калиниченко Игорю Степановичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация **«Высокотемпературные разложения большого термодинамического потенциала в фоновых полях»** по специальности **01.04.02 – Теоретическая физика** принята к защите 21.12.2017 (протокол заседания № 75) диссертационным советом **Д 212.267.07**, созданным 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 № 105/нк от 11.04.2012).

Соискатель **Калиниченко Игорь Степанович**, 1989 года рождения.

В 2013 году соискатель окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет».

В 2016 году соискатель очно окончил аспирантуру федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет».

Работает в должности инженера-исследователя лаборатории теоретической и математической физики 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.

Научные руководители:

доктор физико-математических наук, **Казинский Петр Олегович**, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», кафедра квантовой теории поля, профессор;

доктор физико-математических наук, **Ляхович Семен Леонидович**, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», лаборатория теоретической и математической физики, главный научный сотрудник; по совместительству – кафедра квантовой теории поля, заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

Халилов Владислав Рустемович, доктор физико-математических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова», кафедра теоретической физики, профессор

Крыхтин Владимир Александрович, доктор физико-математических наук, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Томский государственный педагогический университет», кафедра теоретической физики, профессор

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «**Новосибирский государственный технический университет**», г. Новосибирск, в своём положительном отзыве, подписанном **Дубровским Владиславом Георгиевичем** (доктор физико-математических наук, профессор, кафедра прикладной и теоретической физики, заведующий кафедрой) указала, что при описании

релятивистских систем особое значение приобретают высокотемпературные разложения термодинамических потенциалов. Такие разложения были известны с 1970–1980-х годов, однако они были получены в отсутствие фона, в то время как большинство реальных физических систем находится под воздействием классических гравитационных и электромагнитных полей. В диссертационной работе И. С. Калиниченко сделан важный шаг в изучении высокотемпературных разложений термодинамических потенциалов в фоновых полях различных конфигураций. Автором с помощью введенной дзета-функции для оператора типа Клейна-Гордона выведена асимптотическая по обратной температуре формула разложения большого термодинамического потенциала, содержащая в себе непertурбативные по фоновым полям вклады; для систем заряженных частиц, находящихся в постоянном магнитном поле, построены различные разложения термодинамического потенциала и явно найдены непertурбативные поправки; в однопетлевом приближении изучена намагниченность системы заряженных бозонов; для системы заряженных бозонов с самодействием, с учетом температурных поправок к массе, показано наличие перехода в ферромагнитное состояние; развитый формализм нахождения высокотемпературных разложений применен к случаю стационарного гравитационного фона, обладающего времениподобным вектором Киллинга; разработан ковариантный метод вычислений, позволяющий не делать $3+1$ разбиение; получены новые результаты, касающиеся зависимости коэффициентов высокотемпературных разложений свободной энергии от вектора Киллинга; построено приближенное выражение для теплового ядра, с помощью которого восстановлены экспоненциально подавленные вклады в свободную энергию и изучена их зависимость от вектора Киллинга. Результаты диссертационной работы И. С. Калиниченко можно рекомендовать для использования в научных и учебных организациях, в которых ведутся исследования по квантовой теории поля и теории гравитации.

Соискатель имеет 5 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 4 работы, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 4 работы (3 статьи в зарубежных научных журналах, индексируемых Web of Science и Scopus, и 1 статья в российском журнале, переводная версия

которого индексируется Web of Science). Общий объем публикаций – 12,3 п.л., авторский вклад – 6,1 п.л.

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

Наиболее значительные 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. **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). – DOI : 10.1103/PhysRevD.87.084036. – 2,4 / 1,2 п.л.

2. **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 [Electronic resource] / I. S. Kalinichenko, P. O. Kazinski // *Journal of High Energy Physics*. – 2014. – Is. 8. – 111. – P. 111 (1-61). – DOI : 10.1007/JHEP08(2014)111. – URL: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2FJHEP08%282014%29111.pdf> (access date: 04.10.2017). – 5,8 / 2,9 п.л.

3. **Kalinichenko I. S.** One-loop thermodynamic potential of charged massive particles in a constant homogeneous magnetic field at high temperatures / I. S. Kalinichenko, P. O. Kazinski // *Physical Review D*. – 2016. – Vol. 94. is. 12. – P. 125012 (1–23). – DOI : 10.1103/PhysRevD.94.125012. – 3,4 / 1,7 п.л.

4. **Калиниченко И. С.** Недиagonальные значения теплового ядра для скаляров в постоянном электромагнитном поле / И. С. Калиниченко, П. О. Казинский // *Известия высших учебных заведений. Физика*. – 2016. – Т. 59, № 11. – С. 182–186. – 0,7 / 0,3 п.л.

в переводной версии журнала, индексируемой Web of Science:

Kalinichenko I. S. Nondiagonal values of the heat kernel for scalars in a constant electromagnetic field / I. S. Kalinichenko, P. O. Kazinski // *Russian Physics Journal*. – 2017. – Vol. 59, is. 11. – P. 1942–1947. – DOI: 10.1007/s11182-017-0999-5.

На автореферат поступил 1 положительный отзыв. Отзыв представил **Н. Л. Чуприков**, д-р физ.-мат. наук, профессор кафедры теоретической физики Томского государственного педагогического университета, *с замечанием*: в формуле высокотемпературного разложения однопетлевого Ω -потенциала вклады частиц и античастиц разделены, и здесь был бы уместен комментарий относительно того, насколько это согласуется с тем, что речь идет об области температур, где средние энергии достаточны для рождения пар частица-античастица.

В отзыве отмечается, что построение высокотемпературных разложений термодинамических потенциалов с учетом внешних классических полей является важным и перспективным с точки зрения возможных приложений к теории ранней Вселенной и описанию кварк-глюонной материи. И. С. Калиниченко получена общая формула высокотемпературного разложения однопетлевого термодинамического Ω -потенциала; с помощью этого разложения изучены фазовые переходы, имеющие место для систем частиц в постоянном магнитном поле; явно получены разложения однопетлевой поправки в эффективное действие скалярного поля на стационарном гравитационном фоне общего вида; в обоих случаях изучены так называемые непертурбативные по константе связи вклады в соответствующие термодинамические потенциалы. Полученные результаты могут быть интересны специалистам в области гравитации и квантовой теории поля.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что **В. Р. Халилов** является высококвалифицированным специалистом в области теоретической физики, связанной с различными направлениями классической и квантовой теории поля; **В. А. Крыхтин** является известным специалистом в области квантовой теории поля и теории гравитации; в **Новосибирском государственном техническом университете** на кафедре прикладной и теоретической физики работают квалифицированные специалисты, известные своими достижениями в области теории поля и математической физики.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработан новый метод получения полного высокотемпературного разложения однопетлевого термодинамического потенциала с учетом непертурбативных по внешним полям поправок;

предложен оригинальный способ получения высокотемпературного разложения свободной энергии системы частиц во внешнем стационарном гравитационном поле, позволяющий не производить стандартного $3+1$ разбиения и сохраняющий явную четырехмерную ковариантность;

введено понятие дзета-функции для оператора типа Клейна-Гордона, преобразованного по Фурье относительно времени.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано, что в однопетлевом приближении газ заряженных бозонов в постоянном магнитном поле испытывает фазовый переход первого рода в сверхпроводящее состояние; при учете кольцевых диаграмм в модели заряженных скаляров с самодействием система испытывает переход в ферромагнитное состояние; непертурбативные поправки в свободную энергию зависят от вектора Киллинга, а для членов асимптотического разложения при отрицательной степени массы в конечной части и коэффициента при логарифме температуры такая зависимость отсутствует;

применительно к проблематике диссертации результативно использованы методы комплексного анализа (аналитическое продолжение, преобразование Меллина, метод Ватсона), метод фонового поля, нестационарная теория возмущений, формализм квантовой теории поля при конечной температуре;

изложены мотивировки проведенных теоретических исследований, их результаты и возможные области применения;

проведена модернизация существующих методов получения высокотемпературных разложений, позволяющая учитывать непертурбативные по полям поправки и разделяющая вклады частиц и античастиц в термодинамический потенциал.

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

определены перспективы возможного практического использования результатов диссертации (теория ранней Вселенной, кварк-глюонная плазма, горячие космические объекты);

представлены рекомендации по применению развитой техники к случаю фоновых полей, отличных от рассмотренных в диссертации, к частицам с более высоким спином, а также к системам с нетривиальными граничными условиями.

Рекомендации об использовании результатов диссертационного исследования. Полученные результаты и разработанные методы могут найти применение в учреждениях, в которых ведутся исследования по квантовой теории поля, общей теории относительности, математической и теоретической физике: в Институте ядерных исследований РАН (Москва), Институте теоретической физики им. Л. Д. Ландау РАН (Черноголовка), Математическом институте им. В. А. Стеклова РАН (Москва), Московском государственном университете имени М. В. Ломоносова, Санкт-Петербургском государственном университете, Российском государственном педагогическом университете им. А. И. Герцена (Санкт-Петербург), Казанском (Приволжском) федеральном университете, Томском государственном педагогическом университете, Национальном исследовательском Томском государственном университете и др.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

идея базируется на использовании строгих методов математической физики и квантовой теории поля, в частности, на методе фонового поля, нестационарной теории возмущений, а также на методе разложения теплового ядра;

использовано сопоставление полученных результатов с опубликованными результатами исследований других авторов;

установлено качественное совпадение результатов диссертации с результатами, представленными в независимых источниках, в том месте, где такое сравнение является обоснованным.

Научная новизна работы заключается в том, что в диссертационном исследовании разработан новый метод получения полного высокотемпературного разложения однопетлевого Ω -потенциала с учетом экспоненциально подавленных по внешним полям поправок. В случае однородного магнитного поля получены соответствующие разложения для частиц и античастиц по отдельности, а также явный вид непертурбативных поправок. В однопетлевом приближении явно построена зависимость индукции магнитного поля от напряженности при различных

температурах. Аналогичная зависимость, построенная с учетом кольцевых диаграмм, выявила наличие перехода в ферромагнитное состояние. Для случая стационарного гравитационного поля разработан метод получения высокотемпературных разложений с сохранением явной общей ковариантности. Зависимость конечной и расходящейся частей разложения свободной энергии от вектора Киллинга уточнена. При некоторых ограничениях на фоновую метрику приведен явный вид непертурбативных вкладов, а также установлена их зависимость от вектора Киллинга.

Личный вклад соискателя состоит в: непосредственном участии в постановке цели и задач исследования, получении и анализе результатов, их обсуждении и сравнении с известными, формулировке выводов, подготовке научных публикаций по теме диссертации, выступлении с докладами на международных конференциях и семинарах.

Диссертация отвечает критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней для диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, и, в соответствии с пунктом 9 Положения, является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи по построению и анализу высокотемпературных разложений термодинамического потенциала для системы частиц, находящейся в фоновых полях специальных конфигураций, имеющей значение для развития квантовой теории поля при конечной температуре.

На заседании 22.03.2018 диссертационный совет принял решение присудить **Калиниченко И. С.** ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 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 – 19, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель

диссертационного совета

Учёный секретарь

диссертационного совета

22.03.2018



Багров Владислав Гаврилович

Киреева Ирина Васильевна