

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора физико-математических наук Ахмедова Эмиля Тофик оглы
на диссертацию Шкерина Андрея Викторовича «Солитоны и их
классическая устойчивость в теориях комплексного скалярного поля с
глобальной $U(1)$ -симметрией», представленную на соискание ученой
степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02
– «теоретическая физика»

Диссертация Шкерина А.В. «Солитоны и их классическая устойчивость в теориях комплексного скалярного поля с глобальной $U(1)$ -симметрией» посвящена изучению нетопологических стационарных локализованных решений (солитонов), возникающих в теориях комплексного скалярного поля с самодействием. Наиболее известным примером таких решений являются Q -шары. Однако, как продемонстрировано в диссертации, для широкого класса потенциалов скалярного поля возможна ситуация, при которой различные виды солитонов, включая Q -шары, существуют при одних и тех же значениях параметров теории. В силу этого, свойства солитоны изучаются с наиболее общей точки зрения; это, в частности, позволяет выявить новые виды решений, не исследованные ранее в рамках теоретико-полевого подхода.

В диссертации сделан акцент на исследовании линейной классической устойчивости солитонов. Это позволяет поставить вопрос о динамике переходов между различными видами солитонов. К числу вопросов, рассмотренных в диссертации, также относится задача о свойствах малых возмущений классически устойчивых Q -шаров в различных режимах теории, допускающих аналитическое рассмотрение. В работе преобладают аналитические методы исследования. Это является оправданным, поскольку Q -шары и родственные им виды солитонов достаточно просты для изучения, и многие их важные свойства могут быть выявлены на примерах простых моделей и без применения трудоемких численных методов.

Результаты, полученные в диссертации, являются актуальными, поскольку нетопологические солитоны указанного типа во многих случаях являются хорошим приближением более реалистичных объектов, изучаемых, к примеру, в астрофизике и космологии. Действительно, включение гравитации приводит к появлению так называемых бозонных звезд –

решений совместных уравнений гравитации и скалярного поля. Такие объекты оказываются важными в вопросах, связанных, например, с темной материей. Однако, изучение бозонных звезд аналитическими методами весьма затруднительно, и апелляция к более простым объектам типа Q-шаров, которые являются предельным случаем некоторого типа бозонных звезд, представляется вполне оправданной. Далее, новые виды классических решений, первоначальному исследованию которых посвящена одна из глав диссертации, могут оказаться полезны при изучении динамики поля инфлатона в ранней Вселенной.

Диссертация состоит из введения, четырех глав основного текста, заключения, двух приложений и списка цитируемой литературы.

Первая глава посвящена исследованию так называемых Q-трубок – протяженных объектов, обладающих аксиальной симметрией и угловым моментом. Перечислены их основные свойства и проведен анализ их классической линейной устойчивости в модели с точно решаемым потенциалом. Основным результатом главы можно считать вывод о неустойчивости трубок с ненулевым угловым моментом. Интересно также отметить, что свойства Q-трубок, касающиеся их распада, во многом отличны от свойств Q-шаров. В частности, известное условие классической устойчивости Q-шаров оказывается неприменимым для трубок с ненулевым моментом.

Во второй главе сравниваются свойства устойчивых Q-шаров, неустойчивых Q-шаров (так называемых Q-клаудов) и однородных решений уравнений поля – заряженного скалярного конденсата. Показано, что конденсат скалярного поля может быть классически неустойчивым, и поставлен вопрос о динамике его распада. Для изучения вопроса рассмотрена простая модель с точно решаемым потенциалом и периодическими граничными условиями. В ее рамках проведено сравнение характеристик однородных и неоднородных решений. Отмечено, что Q-клауд всегда имеет энергию большую, чем устойчивый Q-шар и неустойчивый конденсат того же заряда. На этом основании выдвинута гипотеза, что распад конденсата идет через Q-клауд и последний является сфалероном.

В третьей главе проведен анализ новых видов солитонных решений, так называемых Q-дырок и Q-балджей. От Q-шаров решения этого вида

отличаются асимптотиками поля на больших расстояниях. В то время как полевая конфигурация Q -шара стремится к классическому вакууму теории, асимптотика Q -дырок и Q -балджей соответствует скалярному конденсату ненулевой амплитуды. Это довольно необычное поведение для солитонов в теории поля, которое, однако, часто встречается в других областях физики. К примеру, аналогом Q -дырки, представляющей собой локальный провал амплитуды поля, является так называемый темный солитон, изучаемый в теории нелинейного уравнения Шредингера. В диссертации приведены аргументы в пользу того, что решения типа Q -дырок и Q -балджей классически неустойчивы; впрочем, они могут оказаться достаточно долгоживущими и играть важную роль в классической динамике самодействующих скалярных полей.

Четвертая глава посвящена изучению спектров малых возмущений над устойчивыми Q -шарами в теориях, допускающих аналитический анализ. В качестве примеров выбираются теории с плоским и степенным потенциалами скалярного поля. Показано, что в модели с плоским потенциалом спектр Q -шара с большим зарядом содержит мягкие моды. Интересным результатом также является наличие сферически-симметричной моды у Q -шаров на границе области классической устойчивости. Эта мода продолжается аналитически в неустойчивую область, где становится распадной модой Q -клауда.

В заключении перечислены основные результаты диссертации. Список цитируемой литературы состоит из 109 наименований.

Диссертационная работа Шкерина А.В. выполнена на высоком научном уровне. Результаты диссертации корректно сформулированы и обоснованы. Автореферат корректно и полно отражает содержание диссертации. Результаты диссертации докладывались и обсуждались на российских и международных конференциях и семинарах и опубликованы в научных журналах, рекомендованных Высшей Аттестационной Комиссией. Результаты имеют теоретическую значимость и могут быть использованы в будущих исследованиях.

Диссертационная работа Шкерина А.В. «Солитоны и их классическая устойчивость в теориях комплексного скалярного поля с глобальной $U(1)$ -симметрией» удовлетворяет всем требованиям Положения о присуждении

ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 – теоретическая физика.

Официальный оппонент
доктор физико-математических наук,
ведущий научный сотрудник
лаборатории физики высоких энергий,
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Московский физико-технический институт
(государственный университет)».

21.08.2018

Ахмедов Эмиль Тофик оглы

Адрес: 141701, Московская область, г. Долгопрудный,
Институтский пер., д. 9
Тел. +7(903)666-2010
e-mail: akhmedov@itep.ru

Подпись Ахмедова Э.Т. заверяю.

Ученый секретарь Федерального государственного автономного
образовательного учреждения высшего образования «Московского физико-
технического института (государственного университета)»

кандидат физ.-мат. наук

Салько Ю.И.

Ахмедов Эмиль Тофик оглы

Доктор физико-математических наук по специальности 01.04.02 –
теоретическая физика

Список основных публикаций по теме диссертации за последние 5 лет:

1) Ultraviolet phenomena in AdS self-interacting quantum field theory
By Emil T. Akhmedov, Ugo Moschella, Fedor K. Popov.

arXiv:1802.02955 [hep-th].

10.1007/JHEP03(2018)183.

JHEP 1803 (2018) 183.

2) Quantum heating as an alternative of reheating

By Emil T. Akhmedov, Francesco Bascone.

arXiv:1710.06118 [hep-th].

10.1103/PhysRevD.97.045013.

Phys.Rev. D97 (2018) no.4, 045013.

3) Symmetries at the black hole horizon

By Emil T. Akhmedov, Mahdi Godazgar.

arXiv:1707.05517 [hep-th].

10.1103/PhysRevD.96.104025.

Phys.Rev. D96 (2017) no.10, 104025.

4) Dynamical Casimir effect and loop corrections

By E.T. Akhmedov, S.O. Alexeev.

arXiv:1707.02242 [hep-th].

10.1103/PhysRevD.96.065001.

Phys.Rev. D96 (2017) no.6, 065001.

5) Infrared dynamics of massive scalars from the complementary series in de
Sitter space

By E.T. Akhmedov, U. Moschella, K.E. Pavlenko, F.K. Popov.

arXiv:1701.07226 [hep-th].

10.1103/PhysRevD.96.025002.

Phys.Rev. D96 (2017) no.2, 025002.

6) Method for distinguishing very compact stellar objects from black holes

By Emil T. Akhmedov, Daniil A. Kalinov, Fedor K. Popov.

arXiv:1601.03894 [gr-qc].

[10.1103/PhysRevD.93.064006](https://arxiv.org/abs/10.1103/PhysRevD.93.064006).

Phys.Rev. D93 (2016) no.6, 064006.

7) Hawking radiation and secularly growing loop corrections

By Emil T. Akhmedov, Hadi Godazgar, Fedor K. Popov.

arXiv:1508.07500 [hep-th].

[10.1103/PhysRevD.93.024029](https://arxiv.org/abs/10.1103/PhysRevD.93.024029).

Phys.Rev. D93 (2016) no.2, 024029.

8) A few more comments on secularly growing loop corrections in strong electric fields

By E.T. Akhmedov, F.K. Popov.

arXiv:1412.1554 [hep-th].

[10.1007/JHEP09\(2015\)085](https://arxiv.org/abs/10.1007/JHEP09(2015)085).

JHEP 1509 (2015) 085.

9) Secularly growing loop corrections in strong electric fields

By E.T. Akhmedov, N. Astrakhantsev, F.K. Popov.

arXiv:1405.5285 [hep-th].

[10.1007/JHEP09\(2014\)071](https://arxiv.org/abs/10.1007/JHEP09(2014)071).

JHEP 1409 (2014) 071.

10) Infrared dynamics of the massive ϕ^4 theory on de Sitter space

By E.T. Akhmedov, F.K. Popov, V.M. Slepukhin.

arXiv:1303.1068 [hep-th].

[10.1103/PhysRevD.88.024021](https://arxiv.org/abs/10.1103/PhysRevD.88.024021).

Phys.Rev. D88 (2013) 024021.

11) Physical meaning and consequences of the loop infrared divergences in global de Sitter space

By E.T. Akhmedov.

arXiv:1209.4448 [hep-th].

[10.1103/PhysRevD.87.044049](https://arxiv.org/abs/10.1103/PhysRevD.87.044049).

Phys.Rev. D87 (2013) 044049.