

УТВЕРЖДАЮ

Директор ОИЯИ академик РАН

\_\_\_\_\_ В.А.Матвеев

17 июля 2018 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

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 А.В.Шкерина «Солитоны и их классическая устойчивость в теориях комплексного скалярного поля с глобальной  $U(1)$ -симметрией» посвящена исследованию свойств стационарных нетопологических солитонных полевых конфигураций в теориях с самодействующим скалярным полем. Основное внимание в работе уделяется анализу классической устойчивости построенных решений по отношению к пертурбативным линейным возмущениям системы, не нарушающим ее симметрию. В частности, в работе рассмотрены  $(3 + 1)$ -мерные решения типа протяженных  $Q$ -трубок, представляющих собой аксиально симметричные обобщения обычных сферически-симметричных  $Q$ -шаров в моделях с полиномиальным потенциалом. Особенностью таких классических солитонов является наличие у них углового момента, нетопологически квантуемого в единицах электрического заряда солитона. При включении гравитационного взаимодействия подобные решения связаны с интенсивно изучаемыми в настоящее время бозонными звездами, их аналог возникает также в физике конденсированного состояния при исследовании Бозе-Эйнштейновского конденсата и в нелинейной оптике. Поэтому тема диссертации представляется определенно актуальной.

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

Во Введении отражена текущая ситуация предмета исследований, приведены цели и задачи работы, а также отражены новизна и практическая ценность исследования. Описан круг вопросов, связанных с исследованием солитонных полевых конфигураций в классической теории поля, представлены решения типа Q-шаров и Q-трубок, локализованных объектов, обладающих соответственно сферической и аксиальной симметрией. Рассмотрен формализм пертурбативного подхода к исследованию классической устойчивости нетопологических стационарных солитонов и описано его применение в целях анализа условий стабильности Q-шаров и Q-трубок. Кроме того, сформулированы основные положения, выносимые на защиту, представлен перечень докладов на научных семинарах и российских и международных конференциях, подтверждающий результаты апробации работы.

В Главе 1 рассмотрены Q-трубки в точно решаемой модели со специальным выбором потенциала, выполнен аналитический анализ классической линейной устойчивости решений. Построены аналитические решения для протяженных аксиально симметричных Q-трубок. В работе, в частности, показано, что широкого диапазона параметров трубок имеет место классическая неустойчивость. Отмечено что известное условие стабильности Вахитова-Колоколова не всегда может быть применено к таким протяженным решениям.

В главе 2 исследован вопрос о механизмах образования классически устойчивых Q-шаров и о механизмах распада классически неустойчивых Q-шаров. Известно, что для формирования Q-шара необходимо существование неустойчивого однородного заряженного конденсата комплексного скалярного поля, который распадается в долгоживущие солитонные состояния типа Q-шаров. Рассмотрена стабильность однородных и неоднородных решений в теориях с потенциалом специального вида, выбор которого мотивирован возможностью проведения аналитического анализа. Показано, что при определенном выборе параметров теория допускает одновременное наличие стабильного конденсата и стабильных Q-шаров. Выдвинута гипотеза, что переход между двумя устойчивыми конфигурациями происходит за счет квантового туннелирования, при этом вершина энергетического барьера, разделяющего конфигурации, соответствует сфалеронному состоянию, так называемому Q-клауду. Данное предположение позволяет получить простую оценку частоты образования Q-шаров.

Глава 3 посвящена исследованию локальных нелинейных неоднородностей устойчивого скалярного конденсата, представляющих собой разрежения и сгущения плотности заряда. Отмечена аналогия между нетопологическими решениями этого типа и известными солитонными решениями нелинейного уравнения Шредингера, представляющими соответственно «яркие» и «темные» солитоны. Исследована линейная стабильность нелинейных неоднородностей скалярного конденсата, показано что в общем случае они неустойчивы по отношению к малым возмущениям.

В главе 4 анализируется вопрос линейной стабильности классических Q-шаров в моделях с плоским и степенным потенциалами. Рассматривается задача нахождения спектра возбуждений локализованной полевой конфигурации. Показано, что рост заряда Q-шара ведет к появлению в спектре мягких вибрационных мод. Найдена и исследована выделенная сферически-симметричная мода на границе области классической устойчивости решений, связанная аналитическим продолжением с континуумом.

В Заключение представлены основные результаты диссертации. Список цитированной литературы содержит 109 наименований.

В целом, диссертационная работа А.В.Шкерина представляет собой современное важное научное исследование, выполненное на высоком научном уровне. Выводы и заключения корректно сформулированы и обоснованы. Автореферат правильно и полно отражает содержание диссертационной работы. Результаты, вынесенные на защиту, докладывались и обсуждались на российских и международных конференциях и опубликованы в научной литературе, в том числе в журналах, входящих в список ВАК. Они могут быть использованы в дальнейшем при исследовании динамики различных нелинейных физических систем, в частности конденсатов Бозе-Эйнштейна, бозонных звезд, а также в инфляционных моделях эволюции Вселенной.

Диссертационная работа Андрея Викторовича Шкерина «Солитоны и их классическая устойчивость в теориях комплексного скалярного поля с глобальной  $U(1)$ -симметрией», удовлетворяет всем требованиям Высшей Аттестационной Комиссии Российской Федерации, а её автор заслуживает присуждения ученой степени

кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 – теоретическая физика.

Отзыв составлен ведущим научным сотрудником Лаборатории теоретической физики им. Н.Н.Боголюбова ОИЯИ доктором физико-математических наук, профессором Я.М.Шниром. Диссертация обсуждена на семинаре «Современная математическая физика» Лаборатории теоретической физики 8 июня 2018 года, по результатам обсуждения была дана высокая оценка работы.

Директор Лаборатории теоретической  
физики им. Н.Н.Боголюбова ОИЯИ  
член-корреспондент РАН

Д.И.Казаков

Заведующий отделом  
современной математической физики  
Лаборатории теоретической  
физики им. Н.Н.Боголюбова ОИЯИ

С.О.Кривонос

Ведущий научный сотрудник Лаборатории  
теоретической физики им. Н.Н.Боголюбова, ОИЯИ  
доктор физико-математической наук

Я.М.Шнир

Информация о ведущей организации:

Международная Межправительственная Научно-исследовательская Организация

Объединенный Институт Ядерных Исследований

Адрес: 141980, Московская область, г.Дубна, ул. Жолио-Кюри 6

Тел.: +7 496 216-50-59

Электронный адрес администрации института: [post@jinr.ru](mailto:post@jinr.ru)

Электронный адрес составителя отзыва: [shnir@theor.jinr.ru](mailto:shnir@theor.jinr.ru)

Телефон составителя отзыва: +7 496 216-24-45

Список публикаций сотрудников института по теме диссертации за последние 5 лет:

1. Ya. M. Shnir, "Topological and Non-Topological Solitons", Cambridge University Press, Cambridge, UK, 293 pp, (2018)
2. T.Romańczukiewicz and Ya. Shnir, "Oscillons in the presence of external potential", JHEP 1801, 101 (2018)
3. A. Samoilenka and Ya. Shnir, "Gauged multisoliton baby Skyrme model", Phys. Rev. D 93 no.6, 065018 (2016)
4. N. Kochelev, "Glueball dynamics in the hot plasma", Eur. Phys. J. A 52 no.7, 186 (2016)
5. D.V. Fursaev, "Physical effects of massless cosmic strings," Phys. Rev. D 96, no.10, 104005 (2017)