

## Отзыв научного руководителя

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.

Экспериментальные ограничения на параметры частиц темной материи заставляют искать альтернативные модели для теоретического описания астрофизических наблюдений. Одной из таких возможностей является изучение классических локализованных решений, способных играть роль темной материи как в ранней Вселенной, так и в настоящее время. В частности, обсуждаемыми кандидатами являются первичные черные дыры, а также различные решения в теории скалярного поля. Аргументы, связанные с анализом масштабных преобразований, запрещают существование стабильных статических солитоноподобных решений в теории действительного скалярного поля, однако, стационарные решения, получившие названия  $Q$ -шаров, возникают уже в теории одного комплексного поля. Устойчивость  $Q$ -шаров связана с  $U(1)$ -инвариантностью теории, которая приводит к сохраняющемуся глобальному заряду, который и стабилизирует локализованную полевую конфигурацию. Изучению основных свойств соответствующих классических решений, а также их классической устойчивости посвящена диссертация Шкерина А.В., состоящая из четырех глав основного текста.

В первой главе изучается устойчивость  $Q$ -трубок — решений с аксиальной симметрией. Был использован аналитический метод, использованный ранее для анализа сверхчески симметричных решений и найдена мода, приводящая к неустойчивости в линейном приближении. Было показано, что все трубки неустойчивы, а критерий Вахитова-Колоколова неприменим к подобным решениям.

Во второй главе изучается другой тип неустойчивых решений —  $Q$ -клауды. Было показано, что они соответствуют вершине барьера между двумя устойчивыми решениями — однородным конденсатом и устойчивыми  $Q$ -шарами. В частности, была

изучена компактифицированная теория и изучен спектр распадных мод решения, на основе чего были приведены аргументы о соответствии между Q-клаудом и критическим пузырем (сфалероном) в теории с ложным вакуумом. Результаты этой работы были позднее использованы для описания распада метастабильных Q-шаров.

В третьей и четвертой главах собраны наиболее новые результаты. Найдены описаны новые локализованные решения, представляющие собой нелинейные разрежения заряда в однородном конденсате. В линейном приближении изучены возмущения стабильных Q-шаров. Примечательно, что подобные задачи возникают при изучении неоднородного бозе-конденсата в ловушке.

Особую научную ценность представляют результаты диссертационной работы, полученные аналитическими методами. Они будут востребованы при дальнейших численных исследованиях, связанных с физикой бозонных звезд и квазиклассическим описанием бозе-конденсата. В ходе работы над диссертацией Шкерин А.В. проявил себя как независимый исследователь, способный активно работать как с соавторами из разных научных коллективов, так и со студентами.

Считаю, что диссертационная работа Шкерина Андрея Викторовича “Солитоны и их классическая устойчивость в теориях комплексного скалярного поля с глобальной  $U(1)$ -симметрией” соответствует всем требованиям, предъявляемым ВАК РФ к кандидатским диссертациям, а ее автор, несомненно, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 - теоретическая физика.

4 июня 2018 года

Старший научный сотрудник

Отдела теоретической физики ИЯИ РАН, к.ф.-м.н.

Э. Я. Нугаев

Подпись Э. Я. Нугаева удостоверяю:

Заместитель директора ИЯИ РАН, д.ф.-м.н.

Г. И. Рубцов