

АННОТИРОВАННЫЙ ОТЧЕТ
о результатах НИР по гранту за 2021 год
Конкурс 2021 года на соискание грантов
для поддержки научно-исследовательской работы
аспирантов и молодых сотрудников ИГУ.

Направление Физика и астрономия Шифр гранта 091-21-306

1. Наименование НИР по гранту Гамильтонов формализм для мягких бозе- и ферми-возбуждений в кварк-глюонной плазме

2. Структурное подразделение (кафедра, лаборатория) магистрант физического факультета ИГУ, лаборант-исследователь НИИПФ

3. Исполнитель НИР Марков Никита Юрьевич

4. Координаты исполнителя НИР markov@icc.ru

5. Ожидаемые результаты в соответствии с заявленным планом работы

1. Будет проведено расширение общей классической теории волн в нелинейных системах с дисперсией на случай наличия в системе возбуждений, которые в квантовом случае подчиняются статистике Ферми;

2. для выполнения данного расширения вместо стандартной скобки Пуассона для систем с распределенными параметрами будет определена суперскобка Пуассона, учитывающая грассманову четность нормальных канонических переменных и корректно описывающая гамильтонову динамику возбуждений системы различных статистик;

3. будет выписана наиболее общая структура гамильтониана взаимодействия вплоть до четвертого порядка по нормальным координатам ферми- и бозе-полей кварк-глюонной плазмы и построено каноническое преобразование для исключения из рассмотрения “несущественного” гамильтониана взаимодействия третьего порядка $\$H_3\$$;

4. будут построены различные типы эффективных гамильтонианов взаимодействия четвертого порядка по новым нормальным переменным и определена связь эффективных амплитуд рассеяния, входящих в подынтегральные выражения этих гамильтонианов, с конкретными физическими процессами рассеяния волн и дана диаграммная интерпретация;

5. будет определен явный вид различных вершинных функций, входящих в эффективные амплитуды рассеяния, путем сравнения данных амплитуд с соответствующими матричными элементами процессов рассеяния, вычисленными ранее в рамках высокотемпературной квантовой хромодинамики;

6. будет найдена самосогласованная система кинетических уравнений для плотности числа плазминов и плазмонов, учитывающая эффект нелинейного затухания Ландау и столкновительные процессы плазменных возбуждений между собой;

7. для полного описания процессов взаимодействия в кварк-глюонной плазме будет последовательно включена в общий гамильтонов формализм дополнительная степень свободы системы, связанная с антиплазминной ветвью коллективных кварк-антикварковых возбуждений;

8. будут построены эффективные гамильтонианы, эффективные амплитуды и соответствующие канонические уравнения, описывающие процессы упругого рассеяния антиплазмينا на плазмине и плазмоне и процесс аннигиляции плазмينا с антиплазмином в два плазмона.

6. Основные полученные научные результаты

1. Построена гамильтонова теория для коллективных кварк-антикварковых возбуждений с аномальным отношением киральности и спиральности в высокотемпературной кварк-глюонной плазме (КГП). Для этого применяется общий формализм построения теории волн в нелинейных средах с дисперсией, развитый В.Е. Захаровым;

2. получены в явном виде специальные канонические преобразования, включающие одновременно как бозонную, так и фермионную степени свободы коллективных возбуждений в КГП;

3. найден явный вид эффективного гамильтониана четвёртого порядка по степеням операторов рождения и уничтожения плазмонов и плазминов, описывающего процессы упругого рассеяния плазминов на плазминах и плазминов на плазмонах;

4. развитый подход использован далее для построения кинетического уравнения больцмановского типа, которое описывает процесс упругого

рассеяния плазминов на плазмонах в кварк-глюонной плазме и эффект так называемого нелинейного затухания Ландау для мягких ферми-возбуждений;

5. проведено сравнение эффективной амплитуды плазмин-плазминного взаимодействия, найденной в рамках классической гамильтоновой теории, с соответствующим матричным элементом, вычисленным в рамках высокотемпературной квантовой хромодинамики, в приближении так называемых жёстких температурных петель, что позволило определить явный вид вершинных и коэффициентных функций в эффективных амплитудах и в канонических преобразованиях;

6. построен явный вид коэффициентных функций третьего порядка, входящих в подынтегральное выражение канонического преобразования фермионной переменной, описывающей фермионную степень свободы мягких возбуждений кварк-глюонной плазмы;

7. показано, что одна из этих коэффициентных функций приводит к полной симметризации эффективной амплитуды, входящей в кинетическое уравнение для плотности числа плазминов, в то время как остальные не несут какой-либо динамической информации.

7. Предполагаемое использование результатов, в том числе в учебном процессе

Разработанный подход можно использовать в качестве конкретного физического примера применения общей теории канонических уравнений, канонических преобразований для статистических систем с бесконечным числом степеней свободы в рамках курсов “Классическая аналитическая механика” и “Статистическая физика”.


8. Перечень публикаций по результатам работы (статьи, доклады) с приложением отписок или рукописей, направленных в печать

1. Марков Ю.А., Маркова М.А., Марков Н.Ю. Гамильтонов формализм для коллективных фермионных волн в кварк-глюонной плазме // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2021. – Т. 64. – № 12, – Р. 68-78.

2. Markov Yu.A., Markova M.A., Markov N.Yu. Hamiltonian formalism for Fermi excitations in a plasma with a non-Abelian interaction // e-print ArXiv of Cornell

University Library: hep-th-2108.07563, 69 pp. (направлено в редакцию журнала Physical Review D), <https://arxiv.org/abs/2108.07563>.

3. Ю.А. Марков, М.А. Маркова, Марков Н.Ю. Гамильтонов формализм для фермионных возбуждений в кварк-глюонной плазме // Материалы конференции. «Ляпуновские чтения». Иркутск: ИДСТУ СО РАН. 2021. С. 36-38.

Исполнитель НИР по гранту Марков Никита Юрьевич  (подпись)