

ГАМИЛЬТОНОВ ФОРМАЛИЗМ ДЛЯ КОЛЛЕКТИВНЫХ ФЕРМИОННЫХ ВОЛН В КВАРК-ГЛЮОННОЙ ПЛАЗМЕ*

Ю.А. Марков¹, М.А. Маркова^{1,2}, Н.Ю. Марков^{1,2}

¹ Институт динамики систем и теории управления им. В.М. Матросова СО РАН, г. Иркутск, Россия

² Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия

Построена гамильтонова теория для коллективных кварк-антикварковых возбуждений с аномальным отношением киральности и спиральности в высокотемпературной кварк-глюонной плазме (КГП). Для этого применялся общий формализм построения теории волн в нелинейных средах с дисперсией, развитый В.Е. Захаровым. На основе данного подхода получены в явном виде специальные канонические преобразования, включающие одновременно как бозонную, так и фермионную степени свободы коллективных возбуждений в КГП. Найден явный вид эффективного гамильтониана четвертого порядка по степеням операторов рождения и уничтожения плазмонов и плазминов, описывающего процессы упругого рассеяния плазминов на плазмонах и плазминов на плазмонах. 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. 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 жестких температурных петель. Это позволило определить явный вид вершинных и коэффициентных функций в эффективных амплитудах и в канонических преобразованиях.

Ключевые слова: кварк-глюонная плазма, приближение жестких температурных петель, гамильтонов формализм, плазмино, кинетическое уравнение для волн.

Введение

В нашей работе [1] был построен классический гамильтонов формализм для описания нелинейных процессов взаимодействия коллективных бозонных возбуждений в горячей кварк-глюонной плазме (КГП). Нами был рассмотрен простейший случай взаимодействия, а именно взаимодействие коллективных продольно-поляризованных бесцветных глюонных возбуждений (плазмонов) в чисто глюонной плазме. В рамках общего гамильтонова подхода к построению волновой теории в нелинейных средах с дисперсией [2–8] был определен явный вид специального канонического преобразования с точностью до кубических членов по степеням квазичастичных бозе-операторов рождения и уничтожения плазмонов $\hat{a}_{\mathbf{k}}^{\dagger a}$ и $\hat{a}_{\mathbf{k}}^a$, подчиняющихся обычным коммутационным соотношениям

$$[\hat{a}_{\mathbf{k}}^a, \hat{a}_{\mathbf{k}'}^b] = [\hat{a}_{\mathbf{k}}^{\dagger a}, \hat{a}_{\mathbf{k}'}^{\dagger b}] = 0, \quad [\hat{a}_{\mathbf{k}}^a, \hat{a}_{\mathbf{k}'}^{\dagger b}] = \delta^{ab} (2\pi)^3 \delta(\mathbf{k} - \mathbf{k}').$$

Данное каноническое преобразование позволяет упростить исходный гамильтониан взаимодействия мягких глюонных возбуждений и получить новый эффективный гамильтониан и кинетическое уравнение больцмановского типа, описывающее процесс упругого рассеяния плазмонов друг на друге.

В данной статье мы распространили анализ, выполненный в [1], на фермионный сектор мягких плазменных волн. Как известно [9–12], в горячей кварк-глюонной плазме, включающей безмассовые кварки (и антикварки), существуют два типа физических фермионных мягких полей: нормальные возбуждения с соотношением между киральностью и спиральностью, как это имеет место в обычной квантовой теории поля, т.е. в системе при нулевой температуре, и чисто коллективные возбуждения, с аномальным соотношением между киральностью и спиральностью. Для простоты ограничим свое рассмотрение только процессами с участием коллективных фермионных плазменных возбуждений, которые получили название *плазмино* [13]. Эти возбуждения являются истинно коллективным эффектом среды, не имеющим аналогов в обычной квантовой теории поля. В последующих рассуждениях будем обозначать аномальную моду ферми-возбуждений символом (–) (символ (+) обычно используют для обозначения нормальной моды ферми-возбуждений).

* Работа Н.Ю. Маркова поддержана грантом для аспирантов и молодых сотрудников ИГУ № 091-21-306.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>