

Четырехпомеронное взаимодействие в Квантовой Хромодинамике

В рамках Квантовой Хромодинамики (КХД) при больших энергиях и ограниченных переданных импульсах («в реджевской кинематике») сильное взаимодействие реализуется за счет обмена квазичастицами, составленными из так называемых реджезованных глюонов. Ведущей из них является померон, составленный из двух реджезованных глюонов. Вклад от обмена помероном растет как степень энергии, что нарушает унитарность, которая является одним из фундаментальных условий разумности теории. Для преодоления этой трудности необходим учет обмена не одним, а многими померонами, с последующим суммированием всех этих вкладов.

До настоящего момента было построено уравнение, суммирующее вклады так называемых веерных диаграмм (уравнение Балицкого-Ковчегова), в котором учитываются распады померона на два: трехпомеронное взаимодействие налетающего померона с двумя конечными. Этим распадом достаточно, чтобы описать высокоэнергетическое рассеяние точечной частицы на тяжелом ядре, т.е. процессов типа $p+A \rightarrow p+A$. Однако, в настоящее время на коллайдерах RHIC и LHC широко и детально изучаются процессы взаимодействия двух ядер $A+B \rightarrow A+B$. Именно такие процессы позволяют понять структуру материи при сверхвысокой плотности и, в частности, увидеть возникновение нового состояния вещества – кварк-глюонной плазмы. Для описания таких процессов недостаточен учет только распадов померона на два. Необходим также учет перехода двух налетающих померонов в два конечных: четырехпомеронное взаимодействие. Математически это взаимодействие описывается четырехпомеронной вершиной, которая должна быть добавлена к известной трехпомеронной. Знание четырехпомеронной вершины позволит находить вероятности высокоэнергетического рассеяния тяжелых ионов друг на друге, что необходимо для описания и понимания экспериментальных результатов.

В нашем исследовании показано, что четырехпомеронная вершина, в отличие от трехглюонной, включает целый ряд компонентов, различающихся по их зависимости от константы взаимодействия КХД и числа цветов у кварков и глюонов. Мы нашли и построили четырехпомеронную вершину в низшем порядке по константе взаимодействия, которая, однако, оказывается обратно пропорциональна квадрату числа цветов. В зависимости от соотношения между этими величинами построенное четырехпомеронное взаимодействие может быть большим или меньшим трехглюонного и, соответственно, играть большую или меньшую роль в рассеянии тяжелых ядер.

Уравнения, описывающие рассеяние тяжелых ядер друг на друге с учетом только трехглюонного взаимодействия, были нами построены более 15 лет назад. Они гораздо сложнее веерных уравнений Балицкого-Ковчегова и не сводятся к уравнениям эволюции. Нами сделана попытка такого решения с помощью итераций и с помощью вариационного метода. Итерационный подход обнаруживает нестабильность в инфракрасной области, где наблюдается рост глюонной плотности. В вариационном подходе получены стабильные результаты, показывающие уменьшение эйкональной функции при центральных соударениях почти вдвое. Правда, эта функция все еще остается весьма большой, так что влияние четырехпомеронного взаимодействия на центральные соударения оказывается малым. Можно думать, что это влияние возрастает по мере перехода к периферическим столкновениям, что может составлять предмет для дальнейшего изучения.