

ОТЗЫВ

члена диссертационного совета на диссертацию Соломко Тимофея Дмитриевича на тему: «Теория голографических моделей, описывающих реджевский спектр мезонов, и ее приложения», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по научной специальности 1.3.3. Теоретическая физика.

AdS/CFT-соответствие является одним из основных бурно развивающихся направлений в современной теоретической физики высоких энергий. Этот подход связывает корреляционные функции в калибровочных теориях поля, возникающих в мировом объеме большого числа параллельных D-бран и состояния в десятимерной теории замкнутых суперструн в гравитационном поле этих D-бран. Он предполагает предел большого числа цветов, равного числу D-бран и предел сильной связи в калибровочной теории, в котором дуальная теория струн сводится к десятимерной супергравитации.

В частности, был предложен ряд четырехмерных $N=1$ суперсимметричных калибровочных теорий, в которых был продемонстрирован конфайнмент, как результат деформирования AdS-“горловины” в инфракрасной области.

Однако, несмотря на бурное развитие на протяжении более двадцати лет в подходе AdS/CFT не удалось найти многомерную теорию гравитации, дуальную КХД. Поэтому большую популярность приобрел так называемый “боттом-ап” подход AdS/QCD. В этом подходе КХД предполагается дуальной 5-мерной теории гравитации с AdS метрикой и дилатоном. При этом метрика и дилатон не возникают, как решения уравнений гравитации, а подбираются так, чтобы описать феноменологию адронов. В этом подходе удалось добиться больших успехов, в частности, был продемонстрирован закон площадей для вильсоновской петли, отвечающий конфайнменту в глюонном мире без кварков и с хорошей точностью описываются свойства адронов.

Развитию именно этого подхода посвящена диссертация Т.Д. Соломко. Это определяет актуальность темы диссертации. Основная идея состоит в том,

чтобы подобрать дилатонный фон и другие параметры 5-мерной гравитации так, чтобы они воспроизводили линейный реджевский спектр мезонов, как по радиальному квантовому числу, так и по спину.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, приложений и списка литературы. Во введении дается обзор AdS/QCD подхода, кратко описывается содержание последующих глав диссертации, формулируются основные результаты, выносимые на защиту и обсуждается аprobация работы.

В первой главе автор формулирует наиболее общую 5-мерную гравитационную теорию с мягкой стенкой, приводящую к линейному спектру мезонов. Эта теория имеет AdS метрику, а роль мягкой стенки выполняет дилатонная экспонента, пропорциональная $\exp(cz^2)$, где z - 5-ая голографическая координата ($z=0$ отвечает ультрафиолетовой границе). Вводится также z -зависимая масса для 5-мерных состояний в виде полинома четвертой степени по z . Показано, что такая теория приводит к спектру мезонов линейному, как по радиальному квантовому числу, так и по спину.

Во второй главе рассматриваются некоторые приложения предложенной теории. Исследуется конфайнмент в предложенной модели и показывается, что минимум для временной компоненты метрики, отвечающей конфайнменту возникает в двух случаях, для состояний со спином $J=1$ при $c < 0$ и состояний со спином $J=2$ при $c > 0$.

Далее обсуждается нарушение киральной симметрии и поведение двухточечного векторного коррелятора. В частности показано, что появление нефизического безмассового полюса в этом корреляторе можно исключить в предложенной обобщенной модели с произвольным знаком постоянной c с помощью выбора определенных значений интерсепта. Кроме того, исследован электромагнитный формфактор пиона и показано, что точная векторная доминантность возникает только в модели с $c < 0$.

В третьей главе анализируется двухточечный коррелятор в векторном канале и показано, что высокогенеретические правила сумм могут быть воспроизведены с помощью предлагаемой низкогенеретической модели с мягкой стенкой.

В четвертой главе предложенная модель применяется для исследования вильсоновской петли. Воспроизводится корнельской потенциал и сравнивается с феноменологическими предсказаниями. Показано, что предсказания модели с мягкой стенкой хорошо работают для скалярного канала.

При чтении диссертации у меня возникли следующие замечания.

1. В формуле (2.1.7) локальный минимум для $J=1$, отвечающий конфайнменту, находится в ультрафиолетовой области $z \rightarrow 0$. Это выглядит странным, так как конфайнмент – это инфракрасный эффект. С другой стороны глобальный минимум в инфракрасной области при бесконечном z отвечает нулевому натяжению струны.
2. В формуле (2.1.8) для спина $J=2$ минимум, отвечающий конфайнменту, отделен бесконечным барьером от ультрафиолетовой области. Возникает опасение, что в этот минимум струна, натянутая на вильсоновскую петлю, не сможет пройти.
3. Вообще при чтении раздела 2.1 возникает следующее недоумение. Скажем, в модели с $c < 0$ продемонстрирован конфайнмент для кварков в мезоне с $J=1$. А как быть с остальными мезонами с $J=0$ или $J > 1$? Получается, что в этих каналах кварки могут свободно вылетать? Мы ведь хотим иметь одну универсальную 5-мерную геометрию, которая бы обеспечивала конфайнмент кварков в каналах с любыми квантовыми числами.
4. В разделе 1.3 показано, что интерсепт, возникающий, как коэффициент при z^2 в z -зависимой 5-мерной массе данного состояния можно включить в виде поправки к дилатонному фону. Сама идея такого переписывания вызывает сомнение. Интерсепт – это параметр, характеризующий данную реджевскую траекторию. Он может быть разным для разных каналов. Скажем, в диссертации обсуждается $b = -1/2$ для векторного канала и $b = 0$ для скалярного. С другой стороны, дилатон так же, как и метрика являются универсальными характеристиками 5-мерной гравитации. Не могут же мезоны с разными квантовыми числами распространяться в разных пространствах.

Отмеченные замечания не отменяют научной значимости основных результатов, полученных в диссертации.

В целом диссертация представляет собой научное исследование в области квантовой теории поля и гравитации, выполненное на высоком уровне. Ее результаты являются новыми и оригинальными и своевременно опубликованы в ведущих научных журналах.

Диссертация Соломко Тимофея Дмитриевича: «Теория голографических моделей, описывающих реджевский спектр мезонов, и её приложения» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Соломко Тимофей Дмитриевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по научной специальности 1.3.3 – Теоретическая физика. Нарушения пунктов 9 и 11 указанного Порядка в диссертации не обнаружены.

Член диссертационного совета

Доктор физико-математических наук,

Заведующий сектором теоретической физики высоких энергий

Петербургского института ядерной физики

им. Б.П. Константинова

Национального исследовательского центра

«Курчатовский институт»



А.В.Юнг

«24 » октября 2022 года