

## ОТЗЫВ

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

Голографические модели для адронной спектроскопии – это очень интересная и важна тема. С моей точки зрения, первопричина интереса к таким моделям в том, что у нас до сих пор нет математически строгой формулировки физически интересных квантовых теорий поля. При этом вычисления в рамках теории возмущений позволяют получать согласие с экспериментальными данными беспрецедентной точности, в первую очередь в задачах квантовой электродинамики. С другой стороны, в задачах сильной связи всё обстоит гораздо хуже, а ведь чрезвычайно физически интересный низкоэнергетический предел квантовой хромодинамики, который должен определять всё что мы видим в адронной части таблицы элементарных частиц, как раз и относится к подобным задачам. Есть общее понимание инстанционных эффектов, есть весьма феноменологически успешный подход киральной теории возмущений, есть определённые успехи численных решёточных моделей, но нет последовательной фундаментальной теории, нет ясной схемы вычислений полностью из первых принципов, пусть даже на физическом уровне строгости.

Невероятный успех удивительной схемы теории возмущений, построенной на вычитании бесконечностей в малых поправках, показывает, что общий подход квантовой теории поля правильно улавливает физику процессов в микромире, но мы до сих пор упускаем что-то очень важное из виду, скорее всего и в математике и в физике. При этом изучение адронов при низких энергиях оказывается областью феноменологии, где физическая интуиция позволяет приходить к очень успешным выводам, таким как правила сумм. Корректное описание феноменологии – это всегда большой успех для физика, но очень важной стратегической задачей оказывается также понять устройство адронов из первых принципов, как проявление мира кварков и глюонов.

Очень интересные новости в этом плане пришли из теории струн. Грубо говоря, было открыто голографическое соответствие определённой теории гравитации в пяти измерениях и четырёхмерной конформной теории поля. При этом режим сильной связи с одной стороны отвечает слабой связи с другой стороны. Нельзя сказать, что это соответствие успешно понято до полного логического конца, но оно породило огромный поток очень интересных работ в последнюю четверть века, от самой теории струн и до моделей высокотемпературной

сверхпроводимости, с надеждой на то, что этот подход должен работать и за пределами чисто конформных квантовых теорий поля. В частности, асимптотическая свобода квантовой хромодинамики подкрепляет надежду на хорошую работу голографических методов. При том что фундаментальный подход со стороны теории струн не позволяет (пока?) получить особо успешных результатов, была проделана большая работа по построению голографических моделей наоборот, отталкиваясь от известных экспериментальных данных, и результаты выглядят очень обнадёживающе. С моей точки зрения, это очень интересный успех, который в перспективе должен позволить увидеть структуру квантовых теорий поля с новой точки зрения, вскрывая фундаментальные принципы, управляющие работой этих теорий при переходе от слабой к сильной связи. Более того, многое в этом направлении уже достигнуто, но в первую очередь в достаточно суперсимметричных случаях.

Это, довольно затянувшееся, введение к моему отзыву было призвано дать обоснование моему утверждению, что рассматриваемая работа посвящена очень важному направлению в современной теоретической физике элементарных частиц. Более того, автору удалось дать хороший обзор имеющихся результатов в рамках подхода с мягкой стенкой, и я бы даже сказал, навести некоторый порядок в хаосе имеющихся публикаций и получить новые, более общие результаты. Более того, вызывает восхищение та непринуждённость и чёткость, с которой он работает с необходимыми специальными функциями.

Во вводной главе автор описывает свою мотивацию и даёт список ранее имевшихся результатов, а также указывает на отсутствие систематики в ландшафте имеющихся работ и подходов, что даёт очень хорошее обоснование важности данной работы. Впрочем, иногда этот список приводится излишне сухо, без комментариев. Например, подход с координатами светового фронта, вообще говоря, может вызывать много нареканий, и что-то из этого можно было бы обсудить.

В первой главе приведено построение тех общих моделей, что были исследованы автором. Изложение производит очень хорошее впечатление, хотя для удобства читателя, с моей точки зрения, автор мог бы уделить буквально несколько страниц краткому изложению общих идей голографического соответствия. Впрочем, я не могу на этом настаивать, ибо к настоящему моменту это почти стало частью общего образования современного физика-теоретика.

Вторая глава посвящена физическим следствиям предложенных моделей. Помимо собственно результатов, очень хорошо смотрятся идеи для продолжения работы. И я уверен, что автор сможет добиться важных новых успехов, основываясь на том, чего он уже достиг. Только раздел посвященный конфайнменту выглядит очень формальным и сухим. Возможно, это обсуждение лучше было бы отложить до четвёртой главы.

Следующие главы предлагают более подробное исследование некоторых аспектов приложений. Третья глава посвящена двухточечным корреляционным функциям, причём с весьма хорошим обсуждением соответствия результатам предыдущих феноменологических

подходов. Четвёртая глава продолжает разговоры о конфайнменте, в рамках потенциала тяжёлых кварков, с точки зрения петель Вильсона, что показывает хорошее владение автором ещё одним важным понятием в современной теории. Завершающие части главы рассматривают этот вопрос через призму натяжения струны, делая всё рассмотрение достаточно всесторонним.

В целом, диссертация очень хорошо написана. Многие важные, но громоздкие вычисления и рассмотрения удачно отнесены в приложения. В плане общей критики могу только сказать, что даже русский текст работы должен бы был быть лучше вычитан. Временами отсутствуют необходимые запятые, встречается несогласованность чисел и падежей, или пропущенные слова, как например во фразе «не может взята произвольной» вскоре после формулы (1.1.8). Разумеется, всё это ни в коей мере не умаляет научной ценности представленной работы.

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

Член диссертационного совета,  
старший лектор (senior lecturer)  
Британского Университета в Египте,  
доктор физико-математических наук



Головнев Алексей Валерьевич

10.10.2022