УТВЕРЖДАЮ
Ректор Сколковского института
науки и технологий

_____ Горбунова Ю.Г.

“ 28 ” августа 2026 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Автономной некоммерческой образовательной организации высшего образования “Сколковский институт науки и технологий” (Сколтех) на диссертационную работу **Криворола Вячеслава Александровича “Геометрические аспекты сигма-моделей”,** представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.3 Теоретическая физика

Сигма-модели представляют собой важный и фундаментальный класс моделей в теоретической и математической физике. Они находят многочисленные приложения как в физике (теория конденсированного состояния, фазовые переходы, физика сильных взаимодействий, теория струн), так и в математике (зеркальная симметрия, интегрируемость, дифференциальная и комплексная геометрия). Вместе с тем, изучение таких теорий существенно затруднено из-за их сильной нелинейности, что требует разработки новых теоретических подходов. Этим обусловлена **актуальность темы** диссертации.

Диссертационная работа Вячеслава Александровича Криворола посвящена поиску альтернативных формулировок сигма-моделей, отражающих геометрическую структуру их таргет-пространств. Как показано в работе, такой подход не только приводит к построению новых интересных моделей математической физики, но и позволяет более эффективно вычислять квантовые характеристики исходных теорий. Следует отметить, что автору удаётся гармонично сочетать формальные математические конструкции с содержательными физическими соображениями, что и обеспечивает **научную новизну** исследования. Благодаря этому получены оригинальные результаты: разработана формулировка двумерных сигма-моделей с таргет-пространствами в виде изотропных комплексных грассманианов в терминах обобщённых киральных моделей Гросса–Невё, а также построены суперсимметричные SU(2) спиновые цепочки, в пределе большого спина эквивалентные (в том числе на квантовом уровне) одномерным суперсимметричным сигма-моделям с таргет-пространством в виде двумерной сферы. **Практическая значимость** работы состоит в том, что предложенные формулировки могут быть использованы для эффективного

вычисления физически значимых величин в сигма-моделях (таких как корреляторы, бета-функция и спектр аномальных размерностей), а также в приложениях к интегрируемым системам, физике конденсированного состояния и другим областям.

Диссертация Кривороля В.А. состоит из введения, трёх глав, заключения и трёх приложений. Во введении подробно изложены основные идеи работы, обоснована актуальность, сформулированы цели и задачи, описаны научная новизна и практическая значимость. Автором представлены три положения, выносимые на защиту.

Первая глава посвящена построению так называемой квазилинейной формулировки первого порядка (или формулировки Гросса–Невё) для двумерных сигма-моделей, таргет-пространства которых представляют собой комплексные грассманианы, наделённые нормальной метрикой и B-полем, пропорциональным фундаментальной эрмитовой форме этой метрики. В данной формулировке помимо «однородных координат» на таких таргет-пространствах в качестве полей выступают также «импульсы», принимающие значения в слоях кокасательного расслоения к таргет-пространству, а также вспомогательные (нединамические) калибровочные поля, обеспечивающие реализацию таргет-пространства как симплектического фактора линейного пространства по некоторой группе. Отличительная черта такой формулировки — конечное число вершин взаимодействий, что используется для вычисления бета-функции в рассматриваемых моделях.

Во второй главе рассмотрено построение суперсимметричных $N = (2,2)$ расширений моделей типа Гросса–Невё, представленных в первой главе. Показано, что, согласно общим результатам теории суперсимметричных сигма-моделей, такие расширения, сохраняющие геометрическую интерпретацию, существуют лишь для грассманианов, являющихся симметрическими пространствами, поскольку именно в этом случае нормальная метрика оказывается кэлеровой. Кроме того, для максимальных изотропных грассманианов предложена альтернативная формулировка, в которой фермионные степени свободы явно реализуются на касательном пространстве — аналогично стандартной формулировке суперсимметричных сигма-моделей.

В третьей главе построены двухузловые SU(2) суперсимметричные спиновые цепочки, обобщающие “короткую” XXX цепочку Гейзенберга. Показано, что в пределе бесконечного спина эти цепочки воспроизводят одномерные $N = 2$ и $N = 4$ сигма-модели с таргет-пространством в виде сферы. Построение таких цепочек опирается на осцилляторное представление Швингера–Вигнера, а также на нелинейные киральные мультиплеты, определённые с помощью плоских суперсвязностей, принимающих значения в алгебре 2×2 матриц (в случае $N = 4$) или в её верхнетреугольной подалгебре (в случае $N = 2$). Показано, что язык спиново-цепочных обрезаний одномерных сигма-моделей существенно упрощает вычисление таких объектов, как спектр операторов лапласовского типа и индексы Виттена сигма-моделей.

В заключении изложены основные результаты диссертации и намечены возможные направления дальнейших исследований. В приложениях приведены полезные сведения о геометрии грассманианов, а также некоторые детали проверки суперсимметричной инвариантности теории с «геометрическими» фермионами из главы 2.

Диссертационная работа представляет собой завершённое научное исследование, посвящённое актуальной тематике. Полученные результаты являются новыми и согласуются с известными данными других авторов, что подтверждает их достоверность. Личный вклад автора в полученные результаты является решающим. По теме диссертации опубликовано четыре статьи в российских и зарубежных журналах, входящих в «белый список» и перечень ВАК. Автореферат точно отражает содержание диссертации и опубликованных работ, полностью раскрывая их ключевые положения.

Заключение. Диссертационная работа В.А. Кривороля является научной квалификационной работой и удовлетворяет требованиям «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого Правительством Российской Федерации №842 от 24 сентября 2013 года, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Кривороль Вячеслав Александрович, заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.3. Теоретическая физика.

Доклад Кривороля В.А. заслушан на семинаре научной школы им. И.М. Кричевера 8 июня 2026 г. Отзыв рассмотрен и одобрен на заседании школы 15 июня 2026 года.

Отзыв составил

Директор научной школы им. И.М. Кричевера,
доцент Сколковского Института Наук и Технологий

к.ф.-м.н. Литвинов А.В.
e-mail: A.Litvinov@skoltech.ru

Подпись Литвинова А.В. удостоверяю.
Руководитель отдела
кадрового администрирования
Гук О.С.