

25 мая 2026 г.

Департамент физики
Корпус физических исследований, комната 1040
191, Вест Вудрафф-авеню
Колумбус, Огайо, 43210-1117
Профессор Илья Грузберг
Телефон: 614-292-7995
Факс: 614-292-7557
gruzberg.1@osu.edu

Отзыв на магистерскую работу Каткова Дениса Сергеевича

**«Нелинейная сигма-модель в непрерывном пределе модели Чалкера-Коддингтона для
спинового квантового эффекта Холла»**

Магистерская диссертация Каткова Дениса Сергеевича посвящена тщательному исследованию неупорядоченной модели, описывающей спиновый квантовый эффект Холла и соответствующий квантовый холловский переход в классе симметрии C (в 10-классовой классификации Альтланда-Цирнбауэра). Рассматриваемая в работе микроскопическая модель является достаточно общей и включает много параметров, в том числе число каналов N на каждом звене и различные формы матричных элементов туннелирования между звеньями. Одной из симметрий теории является глобальная $SU(2)$ -симметрия вращений спинов, из которой следует, что состояния могут быть разделены на независимые синглетный и триплетный сектора.

В пределе больших N автор отображает модель на эффективную универсальную низкоэнергетическую теорию поля - нелинейную сигма-модель на соответствующем пространстве. Вывод основан на седловом приближении, обоснованном большим значением N . Неожиданным результатом такого отображения является то, что при некоторых значениях параметров триплетный сектор не отделяется от синглетного, а соответствующие моды могут влиять на константы связи в сигма-модели и на масштаб длины, начиная с которого устанавливается универсальное поведение.

Представленное в работе исследование является весьма основательным и выполнено на очень высоком техническом уровне. Его результаты могли бы послужить основой для публикаций в ведущих физических журналах. Для сравнения могу сказать, что в моем университете работа такого уровня вполне могла бы быть достаточным основанием для присуждения соискателю степени доктора философии (PhD).

Хотя корректность результатов работы не вызывает сомнений, я хотел бы предложить возможные улучшения в изложении материала.

Во-первых, было бы хорошо, если бы автор дал более подробную физическую мотивацию исследования, объяснив постановку задачи и возможные системы, в которых можно наблюдать спиновый квантовый эффект Холла. В этом смысле обсуждение недавно обнаруженных признаков спонтанного нарушения симметрии обращения времени в повернутых бислойных материалах,

которое сейчас помещено в заключительный раздел, на мой взгляд, было бы уместнее перенести во введение: там оно дало бы физический контекст и усилило бы обоснование актуальности и значимости результатов работы. Также во введении было бы полезно обсудить базовую глобальную симметрию системы - $SU(2)$ -симметрию поворота спина. Эту $SU(2)$ -симметрию было бы полезно упомянуть даже в аннотации к работе. Это сделало бы термины «синглетный сектор» и «триплетный сектор» более понятными.

Во-вторых, технический термин «длина ультрафиолетовой обрезки», используемый в работе, для меня не вполне ясен. Я предполагаю, что автор имеет в виду масштаб, на котором система начинает демонстрировать универсальное поведение общей системы класса C вблизи критической точки, описываемое нелинейной сигма-моделью, то есть диффузионный масштаб длины. Если я прав, я предпочел бы, чтобы автор использовал более физический термин «масштаб длины диффузии».

Наконец, в формулировке модели отсутствует упоминание ретардно-адресной (RA) структуры. Эта структура необходима для обсуждения любых транспортных свойств. Автору следует объяснить, как эта структура возникает в маубаровском представлении.

В целом работа представляет собой важный вклад в совокупность знаний о критических свойствах вблизи переходов Андерсона металл-изолятор. Я рекомендую присудить автору степень магистра.

С уважением,

Илья Грузберг

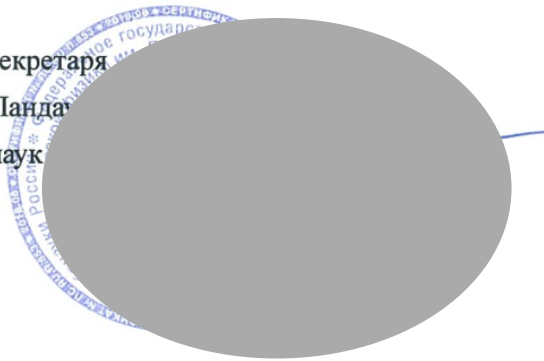
08.06.2026

Перевод верен

И.О. Ученого секретаря

ИТФ им. Л.Д. Ландау

док. физ.-мат. наук





May 25th, 2026

Professor Ilya Gruzberg

Phone: 614-292-7995
Fax: 614-292-7557
gruzberg.1@osu.edu

Review of the Master's Thesis by Denis Katkov

"Nonlinear Sigma Model in the Continuum Limit of the Chalker-Coddington Model for the Spin Quantum Hall Effect"

The master's thesis by Denis Katkov is devoted to a careful study of a random network model describing the spin quantum Hall effect and the corresponding quantum Hall transition in the symmetry class C (of the Altland-Zirnbauer 10-fold classification). The microscopic model studied in the paper is quite general, involves many parameters, including the number of channels N on each link and various forms of tunneling matrix elements between the links. One of the symmetries of the network is the global spin-rotation $SU(2)$ symmetry, which suggests that the states of the network can be split into independent the singlet and the triplet sectors.

In the limit of large N , the authors map the network model to an effective universal low-energy field theory, the non-linear sigma model on the appropriate target space. The derivation uses a saddle-point approximation, justified by the large value of N . A surprising result of the mapping is that for some values of parameters, the triplet sector is not decoupled from the single sector, and the corresponding modes can influence the coupling constants in the sigma model and affect the length scale at which the universal behavior sets in.

The research reported in the thesis is very sound and is executed at a very high technical level. Its results could serve as the basis for papers in leading physics journals. By way of comparison, I can say that at my university, a work of this caliber could well be sufficient grounds for awarding the candidate the degree of Doctor of Philosophy (PhD).

While the validity of the results of the thesis causes no concern, I would like to suggest possible improvements in the presentation of the material.

First, it would be nice if the author provided more physical motivation for the study by explaining the setting and possible systems where spin quantum Hall can be observed. In this spirit, the discussion of recently observed indications of spontaneous time-reversal symmetry breaking in twisted bilayer materials, which is now placed in the last section "Conclusions" would, in my opinion be more appropriately placed in the introduction, where it would provide both the physical context and strengthen the relevance and importance of the thesis' results. Also in the introduction it would be useful to discuss the basic global symmetry of the system: the $SU(2)$ spin-rotation symmetry. It would be useful to mention this $SU(2)$ symmetry even in the abstract to the thesis. This would make the terms "singlet sector" and "triplet sector" more understandable.



THE OHIO STATE UNIVERSITY

Secondly, the technical term “the ultraviolet cut-off length” used throughout the thesis is not very clear to me. I suspect that the author means the scale at which the system starts to exhibit the universal behavior of a generic class-C system close to criticality described by the non-linear sigma model, that is, the diffusive length scale. If I am correct, I would prefer if the author uses a more physical term “diffusive length scale”

Finally, there is no mention of the retarded-advanced structure in the formulation of the model. This structure is necessary to discuss any transport property. The author should explain how this structure appears in the Matsubara representation.

Overall, the thesis represents an important contribution to the body of knowledge on critical properties near Anderson metal-insulator transitions. I recommend that the author is awarded a Master's degree.

Sincerely yours

Ilya Gruzberg