

ОТЗЫВ официального оппонента
на (о) диссертацию(и) на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук Иванова Александра
Сергеевича

на тему: «Развитие методов вычисления функциональных интегралов в
моделях квантовой теории поля»
по специальности 1.3.3 – «Теоретическая физика»

Значительная часть результатов современной квантовой теории поля построена на основе теории возмущений. В рамках пертурбативного подхода получены предсказания теоретико-полевых моделей для вероятностей квантовых переходов из одного состояния в другое в физике частиц. В то же время, ряд, используемый в рамках стандартной теории возмущений, является асимптотическим, что приводит к падению точности предсказания при увеличении числа членов ряда, начиная с некоторого порядка теории возмущений. Среди развитых непертурбативных методов квантовой теории поля можно выделить метод функционального интеграла или интеграла по траекториям. Этот метод позволяет формально записать выражение для вероятности перехода квантовой системы и представляет математический аппарат для работы с такими выражениями. Численные расчеты с помощью метода интеграла по траекториям представляют собой алгоритмически и вычислительно сложную задачу. Актуальность диссертации А.С. Иванова определяется тем, что она нацелена одновременно на две ключевых задачи современной квантовой теории поля: на численные непертурбативные вычисления с помощью метода функционального интеграла и на построение абсолютно сходящихся рядов теории возмущений для квантовой теории поля.

Диссертация А.С. Иванова состоит из Введения, трех глав основного содержания (главы 2-4) и заключения. Во Введении описана актуальность темы исследования, приведены цели и задачи исследования, научная

новизна, теоретическая и практическая значимость, положения, выносимые на защиту, степень достоверности и апробация результатов, а также личный вклад автора.

Вторая глава диссертации посвящена построению метода интеграла по траекториям для квантовомеханических систем. Используя алгоритм Метрополиса, проведено численное вычисление двух наблюдаемых величин: двухточечной корреляционной функции и энергии основного состояния для релятивистского гармонического осциллятора. Проведено сравнение результатов численного расчета с точным вычислением в двух предельных случаях — в нерелятивистском и ультрарелятивистском пределах.

В третьей главе выполнено построение сходящихся рядов для модели теории поля с полиномиальным взаимодействием на примере модели ϕ^4 скалярного поля, определенной на конечной решетке. Для ускорения сходимости ряда введен вариационный параметр t . Исследована сходимость построенного вариационного ряда. Последовательно выполнено построение γ -регуляризации. Выполнен расчет функционального интеграла методом Монте-Карло. Показано, что вариационный ряд достаточно быстро сходится к значению, полученному методом Монте-Карло.

В четвертой главе построен метод сходящихся рядов для моделей теории поля, определенной на бесконечной решетке. Проведено исследование одномерной и двумерной моделей ϕ^4 скалярного поля. Результаты расчета методом сходящихся рядов подтверждены сравнением с вычислением, выполненным методом Монте-Карло с экстраполяцией на бесконечную решетку.

Сильной стороной диссертации является то, что результаты различных подходов к суммированию рядов теории возмущений на каждом этапе сравниваются между собой и с результатом расчета методом Монте-Карло. А.С. Ивановым выполнен огромный объем аналитических и численных вычислений для того, чтобы проверить точность и сходимость каждого из методов в зависимости от параметров системы. Эти расчеты дополняют

проведенные аналитические вычисления и подтверждают обоснованность научных выводов, сформулированных в диссертации и их достоверность. Впервые было выполнено обобщение метода Монте-Карло для функционального интеграла на модели релятивистской гамильтоновой динамики. Методы суммирования сходящихся рядов построены А.С. Ивановым впервые. Эти методы представляют собой значительный вклад в теоретическую физику. Результаты диссертации опубликованы в высокорейтинговых журналах, представлены на российских и международных научных мероприятиях.

Диссертация не лишена недостатков.

Во Введении присутствуют неточности в формулах. Так, в утверждении теоремы Фубини в верхней части страницы 6 не должно быть модулей, в формуле 1.12 в левой части должно быть $u(\lambda t)$, а не $\lambda t(u)$. В работе присутствуют опечатки. Так, слово решетка на странице 11 написано через «щ», опечатка в слове «запрещает» на странице 82. Присутствуют и другие опечатки.

На странице 60 упоминается «принцип наименьшего вклада последнего члена ряда», но не указано в чем состоит данный принцип. На этой же странице указано, что большинство вычислений выполнены для $t=0$, не являющегося оптимальным значением. Нет обсуждения выбора указанной величины t .

Вместе с тем, указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 1.3.3 – «теоретическая физика» (по физико-математическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова, а также оформлена, согласно приложениям № 5, 6 Положения о диссертационном совете

Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.
Автореферат полно и точно отражает содержание диссертации.

Таким образом, соискатель Иванов Александр Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.3 – «Теоретическая физика».

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук,
заместитель директора по научной работе
Федерального государственного бюджетного
учреждения науки Института ядерных исследований
Российской академии наук
РУБЦОВ Григорий Игоревич

21 февраля 2024 г.

Контактные данные:

тел.: 7(903)7551732, e-mail: grisha@ms2.inr.ac.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом
защита диссертация: 01.04.16 — Физика атомного ядра и элементарных
частиц.

Адрес места работы:

117312, г. Москва, пр-т 60-летия Октября, д. 7А,
ИЯИ РАН
Тел.: +7(499)135-0585; e-mail: grisha@ms2.inr.ac.ru

Подпись заместителя директора по научной
работе ИЯИ РАН Г.И. Рубцова удостоверяю:

Ученый секретарь ИЯИ РАН

А.В. Вересникова

21 февраля 2024 г.