

## **Отзыв научного руководителя**

на диссертацию **Иванова Александра Сергеевича**

“ Развитие методов вычисления функциональных интегралов в моделях квантовой теории поля”, представленную на соискание ученой степени

кандидата физико-математических наук по специальности

1.3.3. — теоретическая физика.

Диссертация Иванова А. С. посвящена проблеме вычислений наблюдаемых величин в различных моделях квантовой теории поля. Основными объектами изучения являются функции Грина в квантовой теории поля. Существует несколько стандартных подходов, применяемых для их вычисления. В работе Иванова А. С. исследуются два наиболее распространенных подхода: численный расчет методом Монте-Карло для функциональных интегралов, а также аналитические вычисления суммы ряда теории возмущений методом замены начального приближения.

В диссертации представлено общее введение, в котором формулируется задача вычисления наблюдаемых в квантовой механике и квантовой теории поля. Приводится описание метода Монте-Карло для вычисления функциональных интегралов, определенных на пространственно-временной решетке, а также предложено обобщение метода для релятивистской квантовой механики. Предложенное обобщение применено к системе релятивистского осциллятора, вычислены зависимости корреляционной функции, плотности вероятности и энергии от параметров системы. Полученные данные сравниваются с аналитическими предсказаниями теории в двух предельных случаях: нерелятивистский квантовый осциллятор и ультрарелятивистский квантовый осциллятор. Все результаты согласуются с известными точными решениями, что является хорошим подтверждением корректности построенного обобщения. Метод Монте-Карло для релятивистских квантовых систем может быть использован в моделях квантовой механики, где частицы обладают большой

кинетической энергией, но при этом можно использовать модель мгновенного взаимодействия между частицами. Ярким примером такой системы является графен.

В диссертации исследуется проблема расходимости ряда теории возмущений, обусловленная некорректной заменой операций суммирования и интегрирования. В качестве примера рассматривается аппроксимация модели  $\phi^4$  на конечной пространственно-временной решетке.

Рассматриваются размерности пространства  $d = 1$  и  $d = 2$ . Выбор модели на решетке позволяет исключить проблему расходимости самих членов ряда теории возмущений, ограничившись рассмотрением расходимости ряда в целом. Выполнено построение сходящегося ряда для модели  $\phi^4$

определенной на конечной пространственно-временной решетке.

Обсуждается проблема скорости сходимости ряда. Обнаруженная внутренняя симметрия метода замены начального приближения позволяет увеличить скорость сходимости построенного ряда. Выполнено сравнение результатов вычисления двухточечной функции Грина в нуле различными методами - замены начального приближения, Монте-Карло для функциональных интегралов, а также суммирования расходящихся рядов по Борелю.

Результаты согласуются друг с другом, причем метод замены начального приближения с использованием вариационного параметра демонстрирует лучшую скорость сходимости, чем метод суммирования по Борелю.

В работе произведено обобщение результатов, полученных для конечномерных аппроксимаций на случай моделей, определенных на бесконечной пространственно-временной решетке. Показана связь сходимости построенного ряда с суммируемостью соответствующего ряда теории возмущений по Борелю. Выполнено сравнение результатов вычисления двухточечной функции Грина методами замены начального приближения, Монте-Карло для функциональных интегралов и суммирования по Борелю. Вычисления методом Монте-Карло для функциональных интегралов выполнены на конечной решетке с

использованием процедуры экстраполяции результатов на случай бесконечной решетки. Полученное хорошее согласие результатов различными способами свидетельствует о корректности предложенного метода вычисления расходящегося ряда.

Работы выполнены на высоком уровне, результаты докладывались на различных научных семинарах, международных школах и конференциях, а также опубликованы в высокорейтинговых рецензируемых международных журналах.

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. Диссертация Иванова Александра Сергеевича рекомендуется к защите по специальности 1.3.3 — теоретическая физика в диссертационном совете МГУ.011.2-1

Доктор физико-математических наук,  
профессор,

Белокуров В. В.

Дата отзыва