

УТВЕРЖДАЮ

Директор ОИЯИ

Академик РАН, д.ф.-м.н.

Трубников Г.В.

« 14 » июля 2022 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию Яблокова Станислава Николаевича
«Модифицированный метод Фока-Швингера для нахождения точных решений
пропагаторных уравнений в присутствии магнитного поля»,
представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук
по специальности 01.04.02 – теоретическая физика

Диссертация Яблокова С.Н. посвящена вычислению функции Грина заряженной частицы во внешнем электромагнитном поле и постоянном однородном магнитном поле на основе подхода, тесно связанного с классическим методом собственного времени Фока-Швингера. Результатом является технически относительно простая процедура, позволяющая получать точные аналитические решения для задач, представляющих интерес при изучении квантово-полевых процессов во внешней активной среде. Особенностью результата является представление функций Грина в виде разложения в ряд по уровням Ландау. Подобные исследования являются актуальными с точки зрения приложений в астрофизике и космологии.

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и списка литературы из 150 источников, содержит 110 страниц машинописного текста и 1 рисунок.

Во Введении обосновывается актуальность выбранной темы исследования, дан обзор уже известных в литературе результатов по изучению квантовых процессов, как во внешнем электромагнитном поле, так и в сильном однородном магнитном поле. Сформулированы цели и задачи диссертации. Отмечена научная новизна полученных автором результатов и их теоретическая и практическая значимость. Подчеркнута надежность используемых в работе теоретических методов, и, как следствие, их высокая степень достоверности. Приведен список опубликованных автором работ. Описано распределение излагаемого материала по главам.

В Главе 1, на примере вычисления функции Грина скалярной заряженной частицы во внешнем постоянном однородном магнитном поле, проводится сравнение классического метода Фока-Швингера и модифицированного подхода, используемого автором для получения основных результатов, представленных в диссертации. Если в первом случае результат имеет форму интеграла по собственному времени, то во втором пропагатор записывается в виде интеграла по импульсному пространству от разложения в ряд по уровням Ландау.

В Главе 2 аналогичный метод применяется для вычисления функций Грина заряженного фермиона и массивного векторного бозона в произвольной ξ -калибровке. Используется импульсное представление пропагаторов. Внешним является постоянное однородное электромагнитное поле, а разложение проводится по уровням Ландау. Этот результат является оригинальным и входит в число вынесенных автором на защиту.

В Главе 3 данная техника распространяется на нахождение аналитического представления для функций Грина в координатном пространстве. В частности, показано, что номер уровня Ландау косвенно (через радиус уровня в плоскости перпендикулярной магнитному полю) определяет масштаб амплитуды пропагатора.

В Заключение приведены основные результаты диссертации, обсуждаются достоинства и недостатки предложенного метода, отмечаются его потенциальные возможности для решения новых задач.

Автореферат верно и полно отражает содержание диссертации и включает обсуждение актуальности темы, цели и задачи исследования, научной новизны и практической ценности работы, используемых методологии и методов, личный вклад автора, положения, выносимые на защиту и данные об апробации результатов и публикациях по теме диссертации. По материалам диссертации опубликовано 6 печатных работ, из них 4 статьи из списка ВАК и/или индексируемых в базах Web of Science и Scopus.

Тема диссертации соответствует требованиям научной специальности 01.04.02 – Теоретическая физика. Диссертация содержит ряд интересных результатов, которые несомненно обогащают наши представления о возможностях и эффективности метода Фока-Швингера. Полученные результаты заслуживают внимания специалистов, использующих в своей практике метод Фока-Швингера при решении задач квантовой теории поля и астрофизики. В частности, автором впервые получены аналитические выражения для функций Грина во внешнем постоянном электромагнитном поле в виде ряда по уровням Ландау; впервые проведен анализ связи коэффициентов данного разложения с величиной амплитуды перехода, определяемой функцией Грина.

В то же время, при ознакомлении с диссертацией и ее обсуждении на семинаре Лаборатории теоретической физики ОИЯИ возникло несколько вопросов, которые можно сформулировать в виде следующих замечаний:

1. В диссертации получены аналитические выражения для пропагаторов в виде ряда по уровням Ландау, но при этом слишком мало внимания уделено вопросу практического использования этих выражений. Например, было бы важно указать физические процессы, для изучения которых разложение является эффективным инструментом исследования, и продемонстрировать, каким образом ограничение конечным числом членов ряда сказывается на точности результата.
2. Используемое в диссертации исходное выражение для пропагатора векторного массивного поля в произвольной ξ -калибровке желательно было бы предварительно обосновать. Последнее полезно было бы сделать одновременно с анализом соответствующих выражений для голдстоуновских и духовых пропагаторов во внешнем поле, которые также зависят от выбора калибровки.
3. Операторная форма теплового ядра (1.48) использовалась ранее Б. М. Барбашовым (ЖЭТФ, 48 (1965) 607-621) для представления функций Грина уравнений Дирака и Клейна-Гордона в произвольном внешнем поле в виде функционального интеграла. Было бы полезно, как минимум, сослаться на эту работу, поскольку в ней впервые было предложено использовать именно ту форму теплового ядра, которая в диссертации является отправной точкой для развития модифицированного метода Фока-Швингера.

Несмотря на отмеченные недостатки, диссертационная работа Яблокова С.Н. представляет собой законченное научное исследование по актуальной тематике. Представленные к защите результаты являются новыми и могут быть использованы в теоретических исследованиях по физике частиц и астрофизике, выполняемых в ИЯИ РАН, ИВФЭ, НИИЯФ МГУ, физическом факультете МГУ, ИТЭФ, ФИАН, ОИЯИ, ИКИ РАН и других научных центрах. Результаты диссертации своевременно опубликованы и известны научному сообществу.

Работа «Модифицированный метод Фока-Швингера для нахождения точных решений пропагаторных уравнений в присутствии магнитного поля» отвечает всем требованиям, предъявляемым ВАК РФ к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук. Считаю, что Яблоков С.Н. заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата наук по специальности 01.04.02 – Теоретическая физика за развитие аппарата вычислений функций Грина во внешнем постоянном однородном магнитном поле путем

модификации метода Фока-Швингера, позволяющей перейти к разложению в ряд по уровням Ландау.

Отзыв на диссертацию Яблокова Станислава Николаевича «Модифицированный метод Фока-Швингера для нахождения точных решений пропагаторных уравнений в присутствии магнитного поля» подготовлен на основе обсуждения ее материалов на семинаре «Квантовая теория поля» отдела «Теории фундаментальных взаимодействий» Лаборатории теоретической физики ОИЯИ, который состоялся 13 июля 2022 года.

Лица, подписавшие отзыв, согласны на обработку персональных данных.

Директор ЛТФ ОИЯИ
профессор, член-корреспондент РАН,
д.ф.-м.н. (01.04.02-теоретическая физика)

Дмитрий Игоревич Казаков

Отзыв составил:

ведущий научный сотрудник
сектора №5 Научного отдела теории
фундаментальных взаимодействий ЛТФ ОИЯИ
д.ф.-м.н. (01.04.02-теоретическая физика)
Тел.: +7(49621) 6-32-92
e-mail: aaosipov@theor.jinr.ru

Александр Андреевич Осипов

Сведения о ведущей организации:

Международная межправительственная организация «Объединенный институт ядерных исследований».

Адрес организации: Россия, 141980, г. Дубна, Московская область, ул. Жолио-Кюри, 6.

Тел.: +7 496 216 50 59

Факс: +7 496 216 51 46

e-mail: post@jinr.ru

Список основных публикаций работников организации по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет:

- [1] A. A. Osipov, Proper-time evaluation of the effective action: Unequal masses in the loop, *Physical Review D*, Vol. 104, Issue 10, 105019 (2021).
- [2] A. A. Osipov, Proper-time method for unequal masses, *Physics Letters B*, Vol. 817, 136300 (2021).
- [3] A. A. Osipov, Fock-Schwinger method in the case of unequal masses, *JETP Letters*, Vol. 113, Issue 6, 410-414 (2021).
- [4] A. A. Osipov et al, Top-bottom condensation model: symmetries and spectrum of the induced 2HDM, *Symmetry*, Vol. 13, Issue 7, 1130 (2021).
- [5] A. A. Osipov et al, The Nambu sum rule in the composite two Higgs doublet model, *PEPAN Letters*, Vol. 17, Issue 3, 296-302 (2020).
- [6] A. A. Osipov et al, Top condensation model: a step towards the correct prediction of the Higgs mass, *The European Physical Journal C--Particles and Fields*, Vol. 80, 1135 (2020).
- [7] A. A. Osipov et al, Gauge covariant approach to the electroweak interactions of mesons in the Nambu-Jona-Lasinio model with spin-1 states, *Modern Physics Letters A*, Vol. 34, No. 36 (2019) 1950301 (13 pages).
- [8] A. A. Osipov et al, Hadronic electroweak current and $\pi - a_1$ mixing, *Physical Review D*, Vol. 98, Issue 11, 113007 (2018).