

О. И. Завьялов

ПЕРЕНОРМИРОВАННЫЕ ДИАГРАММЫ ФЕЙНМАНА

Элементы квантовой теории поля

***R*-оперция. Параметрические представления диаграмм Фейнмана**

Теорема Боголюбова—Парасюка. Другие схемы перенормировки

Составные поля. Сингулярности произведения токов на малых расстояниях и на световом конусе

Уравнения для перенормированных функций Грина



О. И. Завьялов

**ПЕРЕНОРМИРОВАННЫЕ
ДИАГРАММЫ
ФЕЙНМАНА**

Издание второе



URSS

МОСКВА

ББК 22.311 22.315*

Завьялов Олег Иванович

Перенормированные диаграммы Фейнмана.

Изд. 2-е. — М.: ЛЕНАНД, 2021. — 320 с.

Настоящая книга посвящена современным методам бесконечной перенормировки в квантовой теории поля. Изложена теория R -операции Боголюбова—Парасюка. Рассмотрены параметрические представления расходящихся диаграмм, аналитическая ренормировка, ренормировка по размерности. Описан метод составных полей в формализме нормальных произведений. Дан вывод уравнений для перенормированных функций Грина.

Книга, для чтения которой понадобится предварительное знакомство читателя с квантовой теорией поля, рекомендуется физикам-теоретикам — научным работникам, преподавателям, аспирантам и студентам.

*На 1-й странице обложки использована иллюстрация:
Designed by kjpgarter / Freepik*

ООО «ЛЕНАНД».

117312, Москва, пр-т Шестидесятилетия Октября, д. 11А, стр. 11.
Формат 60×90/16. Печ. л. 20. Зак. № 158319.

Отпечатано в АО «Т 8 Издательские Технологии».

109316, Москва, Волгоградский проспект, д. 42, корп. 5.

ISBN 978–5–9710–8687–1

© ЛЕНАНД, 2020

16401 ID 270620



9 785971 086871



Все права защищены. Никакая часть настоящей книги не может быть воспроизведена или передана в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами, будь то электронные или механические, включая фотокопирование и запись на магнитный носитель, а также размещение в Интернете, если на то нет письменного разрешения владельца.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие к первому изданию	5
Глава I. Элементы квантовой теории поля	7
§ 1. Квантовые свободные поля	
1. Пространство Фока (7). 2. Свободное вещественное скалярное поле (12). 3. Другие свободные поля (19).	
§ 2. Хронологические произведения локальных мономов свободного поля	27
1. Теорема Вика (27). 2. Теорема Вика для хронологического произведения свободных полей (31). 3. Регуляризованные T -произведения (33). 4. Произвол в выборе хронологических произведений (37).	
§ 3. Взаимодействующие поля	46
1. Интерполирующее гейзенбергово поле. Аксиомы Боголюбова для матрицы рассеяния (46). 2. Связь между двумя системами аксиом (51). 3. T -экспонента, лагранжиан, константы перенормировки (57).	
Глава II. R-операция. Параметрические представления диаграмм Фейнмана	66
§ 1. Регуляризованные диаграммы Фейнмана	66
1. Промежуточная регуляризация. Индекс расходимости (66). 2. Параметрическое представление регуляризованных диаграмм (73). 3. Доказательство утверждений (16)—(21) (78).	
§ 2. R -операция Боголюбова — Парасюка	90
1. Вычитающие операторы M и операторы конечной перенормировки P . Определение R -операции (90). 2. Структура R -операции (100). 3. R -операция с ненулевыми точками вычитания (104).	
§ 3. Параметрические представления перенормированных диаграмм	109
1. Перенормировка «по лесам» (109). 2. Перенормировка «по гнездам» (117). 3. Перенормировка интегральными операторами (125).	
Глава III. Теорема Боголюбова — Парасюка. Другие схемы перенормировки	129
§ 1. Существование перенормированных фейнмановских амплитуд	129

1. Разбиение области интегрирования на секторы. Классы эквивалентности гнезд (129). 2. Ультрафиолетовая сходимость параметрических интегралов (139). 3. Предел $\varepsilon \rightarrow 0$ (143).	
§ 2. Аналитическая перенормировка и размерная перенормировка	148
1. Вводные замечания (148). 2. Рецепт аналитической перенормировки (149). 3. Эквивалентность R -операции и аналитической перенормировки (153). 4. Размерная перенормировка (159). 5. Параметрическое представление в случае размерной перенормировки (166). 6. Эквивалентность R -операции и размерной перенормировки (169). 7. Примеры (173).	
§ 3. Перенормировка «без вычитаний»	177
1. Промежуточная регуляризация и рецепт перенормировки (177). 2. Эквивалентность перенормировки «без вычитаний» и R -операции (188).	
Глава IV. Составные поля. Сингулярности произведения токов на малых расстояниях и на световом конусе	193
§ 1. Перенормированные составные поля	193
1. Основные понятия и обозначения (193). 2. Вычитающий оператор M (203). 3. Структура перенормировки (214). 4. Обобщенный принцип действия (222). 5. Тожества Циммермана (229).	
§ 2. Операторные разложения на малых расстояниях	234
1. Разложения Вильсона (234). 2. Разложение произведения токов (243). 3. Доказательство леммы (249).	
§ 3. Операторные разложения на световом конусе	263
1. Вычитающий оператор $\overline{M}^{(a)}$. Лучевые составные поля (263). 2. Теорема о световом конусе (268).	
Глава V. Уравнения для перенормированных функций Грина	275
§ 1. Уравнения движения для составных полей	275
1. Уравнения движения для интерполирующего поля $\Phi(x)$ (275). 2. Уравнения для старших составных полей (279). 3. Доказательство соотношений (20) и (23) (281).	
§ 2. Уравнения ренорм-группы и уравнения Каллана-Симанзика	288
§ 3. Уравнения для регуляризованных функций Грина	299
1. Связь констант перенормировки с перенормированными функциями Грина (299). 2. Связь между функциями Грина и производными от констант перенормировки (305).	
Литературные указания	311
Литература	314