

**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
<b>Глава I. Элементы квантовой теории поля . . . . .</b>	<b>7</b>
§ 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).	
<b>Глава II. <math>R</math>-операция. Параметрические представления диаграмм Фейнмана . . . . .</b>	<b>66</b>
§ 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).	
<b>Глава III. Теорема Боголюбова — Парасюка. Другие схемы перенормировки . . . . .</b>	<b>129</b>
§ 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).	
<b>Глава IV. Составные поля. Сингулярности произведения токов на малых расстояниях и на световом конусе . . . . .</b>	<b>193</b>
§ 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).	
<b>Глава V. Уравнения для перенормированных функций Грина</b>	<b>275</b>
§ 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).	
<b>Литературные указания . . . . .</b>	<b>311</b>
<b>Литература . . . . .</b>	<b>314</b>