

Оглавление

Предисловие	7
ГЛАВА 1. Основные представления о структуре элементарных частиц и их взаимодействиях	13
1.1. Фундаментальные частицы	13
1.1.1. Фермионы	14
1.1.2. Векторные бозоны	15
1.2. Фундаментальные взаимодействия	17
1.3. Стандартная модель и перспективы	18
ГЛАВА 2. Лагранжев формализм. Симметрии и калибровочные поля	22
2.1. Лагранжева механика частицы	22
2.2. Действительное скалярное поле. Уравнения Лагранжа	24
2.3. Теорема Нетер	29
2.4. Комплексное скалярное и электромагнитное поле	32
2.5. Поля Янга–Миллса	39
2.6. Геометрия калибровочных полей	46
2.7. Реалистический пример — хромодинамика	54
ГЛАВА 3. Каноническое квантование свободных полей. Симметрии в квантовой теории поля	56
3.1. Фотон	56
3.1.1. Квантование электромагнитного поля	56
3.1.2. Замечания о градиентной инвариантности и статистике Бозе	62
3.1.3. Вакуумные флуктуации и эффект Казимира	65
3.2. Бозоны	67
3.2.1. Скалярные частицы	67

3.2.2.	Истинно нейтральные частицы	72
3.2.3.	Преобразования C, P, T	75
3.2.4.	Векторные бозоны	79
3.3.	Фермионы	82
3.3.1.	Трехмерные спиноры	82
3.3.2.	Спиноры группы Лоренца	86
3.3.3.	Уравнение Дирака	93
3.3.4.	Алгебра матриц Дирака	99
3.3.5.	Плоские волны	102
3.3.6.	Связь спина и статистики	104
3.3.7.	Преобразования C, P, T для фермионов	106
3.3.8.	Билинейные формы	107
3.3.9.	Нейтрино	108
ГЛАВА 4.	Фейнмановская теория позитрона и элементарные основы квантовой электродинамики	114
4.1.	Нерелятивистская теория. Функции Грина	114
4.2.	Релятивистская теория	118
4.3.	Импульсное представление	122
4.4.	Электрон и внешнее электромагнитное поле	125
4.5.	Задача двух частиц	132
ГЛАВА 5.	Матрица рассеяния	139
5.1.	Амплитуда рассеяния	139
5.2.	Кинематические инварианты	143
5.3.	Условие унитарности	146
ГЛАВА 6.	Инвариантная теория возмущений	149
6.1.	Представление Шредингера и Гейзенберга	149
6.2.	Представление взаимодействия	151
6.3.	Разложение S -матрицы	154
6.4.	Диаграммы Фейнмана для рассеяния электронов в квантовой электродинамике	162
6.5.	Диаграммы Фейнмана для рассеяния фотона	168
6.6.	Электронный пропагатор	171
6.7.	Фотонный пропагатор	175
6.8.	Теорема Вика и общие правила диаграммной техники	179

ГЛАВА 7. Точные пропагаторы и вершинные части	187
7.1. Операторы полей в гейзенберговском представлении, связь с представлением взаимодействия	187
7.2. Точный фотонный пропагатор	189
7.3. Точный электронный пропагатор	197
7.4. Вершинные части	201
7.5. Уравнения Дайсона	205
7.6. Тождество Уорда	207
ГЛАВА 8. Некоторые применения квантовой электродинамики	210
8.1. Рассеяние электрона на статическом заряде: поправки высших порядков	210
8.2. Лэмбовский сдвиг и аномальный магнитный момент	215
8.3. Перенормировка — как это «работает»	221
8.4. «Бегущая» константа связи	225
8.5. Аннигиляция e^+e^- в адроны — доказательство существования кварков	228
8.6. Физические условия перенормировки	230
8.7. Классификация и устранение расходимостей	234
8.8. Асимптотическое поведение фотонного пропагатора при больших импульсах	239
8.9. Связь между «затравочным» и истинным зарядом	243
8.10. Группа перенормировки в КЭД	247
8.11. Асимптотический характер рядов теории возмущений	249
ГЛАВА 9. Функциональные интегралы и квантовая механика	252
9.1. Формулировка квантовой механики на основе интегралов по траекториям	252
9.2. Теория возмущений	261
9.3. Функциональное дифференцирование	269
9.4. Некоторые свойства функциональных интегралов	270
ГЛАВА 10. Квантование методом функциональных интегралов: скаляры и спиноры	277
10.1. Производящий функционал для скалярных полей	277
10.2. Функциональное интегрирование	282
10.3. Функции Грина свободных частиц	287

10.4. Производящий функционал для взаимодействующих полей	295
10.5. Теория φ^4	298
10.6. Производящий функционал для связанных диаграмм	306
10.7. Оператор собственной энергии и вершинные функции	310
10.8. Теория критических явлений	315
10.9. Фермионы и функциональные методы	331
10.10. Пропагаторы и калибровочные условия в квантовой электро- динамике	339
ГЛАВА 11. Квантование методом функциональных интегралов: ка- либровочные поля	342
11.1. Неабелевы калибровочные поля и метод Фаддеева–Попова	342
11.2. Фейнмановские диаграммы в неабелевой теории	349
ГЛАВА 12. Спонтанное нарушение симметрии и модель Вайнберга– Салама	360
12.1. Спонтанное нарушение симметрии и теорема Голдстоуна	360
12.2. Калибровочные поля и эффект Хиггса	368
12.3. Поля Янга–Миллса и спонтанное нарушение симметрии	371
12.4. Модель Вайнберга–Салама	378
ГЛАВА 13. Перенормировка	389
13.1. Расходимости в теории φ^4	389
13.2. Размерная регуляризация теории φ^4	394
13.3. Перенормировка теории φ^4	400
13.4. Ренормализационная группа	408
13.5. Асимптотическая свобода теорий Янга–Миллса	416
13.6. «Бегущие» константы связи и «великое объединение»	425
ГЛАВА 14. Функциональные интегралы и непертурбативные мето- ды	432
14.1. Теория поля на решетке	432
14.2. Эффективный потенциал и петлевое разложение	447
14.3. Инстантоны в квантовой механике	453
14.4. Инстантоны и нестабильный вакуум в теории поля	466
Литература	475