

НОВЕЙШЕЕ РАЗВИТИЕ
КВАНТОВОЙ
ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ

СБОРНИК СТАТЕЙ

НОВЕЙШЕЕ РАЗВИТИЕ КВАНТОВОЙ ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ

СБОРНИК СТАТЕЙ

Перевод

А. М. БРОДСКОГО

Под редакцией

Д. Д. ИВАНЕНКО

И * Л

ИЗДАТЕЛЬСТВО
ИНОСТРАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Москва, 1954

АННОТАЦИЯ

Сборник „Новейшее развитие квантовой электродинамики“ содержит переводы систематически подобранных статей ряда иностранных физиков по вопросам современной квантовой теории поля. В статьях подробно излагаются математический аппарат и основные соотношения квантовой электродинамики, а также мезодинамики и даются многочисленные применения к теории элементарных частиц, сдвигу уровней атомных электронов, проблеме собственной энергии и т. д.

Сборнику предпослана обстоятельная вступительная статья редактора перевода проф. Д. Иваненко, в которой дан обзор современных проблем квантовой электродинамики в связи со статьями, помещенными в сборнике.

Книга рассчитана в первую очередь на физиков теоретиков и экспериментаторов, занимающихся элементарными частицами, вместе с тем книга представляет интерес и для более широкого круга физиков и математиков — научных работников, преподавателей, аспирантов и студентов, интересующихся современными проблемами физики в области строения вещества.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Вступительная статья	III
1. Вводные замечания	III
2. Основные формы представлений квантовой электродинамики	V
3. Решение уравнений квантовой электродинамики	XIV
4. Замечания о методах Фейнмана	XXII
5. Поляризация вакуума и перенормировка заряда	XXV
6. Полевая энергия электрона и перенормировка массы	XXIX
7. Лэмбовский сдвиг	XXXIV
8. Различные вакуумные эффекты	XL
9. Релятивизация проблемы двух тел	XLII
10. Квантовая мезодинамика	XLIV
11. Квантовая теория гравитации	XLVI
12. Регуляризация	XLVIII
Приложение. Сингулярные функции	LII
I. Дираковская δ -функция; разрывная функция θ ; знаковая функция ϵ ; оператор упорядочения P	LII
II. Решения однородного клейновского уравнения	LIII
III. Решения неоднородного клейновского уравнения	LV
IV. Каузальные функции	LVII
V. Сингулярные функции волнового даламберовского уравнения	LIX
VI. Сингулярные функции дираковского уравнения	LXI
Заключение	LXII
Литература	LXIII
I. Релятивистски инвариантная формулировка квантовой теории волновых полей (С. Томонага)	1
1. Формализм обычной квантовой теории волновых полей	1
2. Четырехмерная форма перестановочных соотношений	2
3. Обобщение уравнения Шредингера	4
4. Обобщенная амплитуда вероятности	8
5. Обобщенный функционал преобразования	9
6. Заключительные замечания	10
Литература	11
II. Квантовая электродинамика (Ю. Швингер)	12
Часть I. Ковариантная формулировка	12
Введение	13
1. Ковариантное рассмотрение в гейзенберговском представлении	15
2. Представление взаимодействия	24
3. Ковариантное исключение продольного поля	31
4. Инвариантный оператор столкновения	37
Часть II. Поляризация вакуума и собственная энергия	40
1. Определение вакуума	41
2. Поляризация вакуума	49
3. Собственная энергия электрона	57
Приложение	73
Часть III. Электромагнитные свойства электрона. Радиационные поправки к формулам рассеяния	78
1. Поправки второго порядка к оператору тока	79
2. Радиационные поправки к формулам для рассеяния электронов	94
Приложение	108
Часть IV. Теория квантованных полей	115
1. Введение	116
2. Квантовая динамика локализуемых полей	117
3. Инверсия времени	133
Литература	137

III. Теория позитронов (Р. Фейнман).	138
1. Введение	138
2. Рассмотрение уравнения Шредингера с помощью функции Грина	140
3. Рассмотрение уравнения Дирака	143
4. Случай нескольких зарядов	149
5. Вакуумные проблемы	151
6. Импульсное представление	152
Приложение	155
Литература	160
IV. Пространственно-временная трактовка квантовой электродинамики (Р. Фейнман)	161
1. Сравнение с гамильтоновым методом	164
2. Взаимодействие между зарядами	165
3. Проблема собственной энергии	169
4. Рассмотрение в импульсном пространстве	171
5. Сходимость выражений, описывающих процессы с виртуальными квантами	174
6. Радиационные поправки к формулам рассеяния	175
7. Проблема поляризации вакуума	179
8. Продольные волны	183
9. Уравнение Клейна — Гордона	185
10. Применения к мезонным теориям	187
Приложение	191
А. Собственная энергия	195
Б. Поправки к формулам для рассеяния	196
В. Поляризация вакуума	197
Г. Более сложные задачи	199
Литература	204
V. S-матрица в квантовой электродинамике (Ф. Дайсон)	205
1. Введение	205
2. Теория Фейнмана как теория S-матрицы	206
3. S-матрица в импульсном пространстве	211
4. Дальнейшее преобразование S-матрицы	214
5. Исследование расходимостей S-матрицы	218
6. Выделение расходимостей в S-матрице	223
7. Устранение расходимостей из S-матрицы	227
8. Сводка результатов	234
9. Обсуждение дальнейших перспектив	237
Литература	238
VI. О значении каузальной функции D_c в квантовой теории поля (М. Фирц)	239
Введение	239
Добавление автора	244
Литература	244
VII. Вычисление матрицы столкновений (Д. Вук)	245
1. Введение	245
2. Алгебраический анализ	246
3. Физические применения	250
4. Продольные волны	252
Литература	253
VIII. О калибровочной инвариантности и поляризации вакуума (Ю. Швингер)	254
1. Введение	254
2. Общая теория	256
3. Постоянные поля	261
4. Поля плоских волн	266
5. γ -распад нейтральных мезонов	269
6. Теория возмущений	272
Приложение А	278
Приложение Б	281
Литература	283

IX. Электромагнитный сдвиг атомных уровней. I. Сверхтонкая структура (Р. Карплус и А. Клейн)	284
1. Введение	284
2. Предварительное рассмотрение	285
А. Оператор массы; функции Грина	285
Б. Сверхтонкая структура	287
3. Оператор массы	289
4. Составляющая первого порядка	296
5. Члены второго порядка	301
6. Поляризация вакуума	303
7. Выводы	304
Литература	304
X. Электромагнитный сдвиг атомных уровней. II. Лэмбовский сдвиг (Р. Карплус, А. Клейн и Ю. Швингер)	305
1. Введение	305
2. Новый вывод выражения первого порядка для лэмбовского сдвига	306
3. Разложение оператора массы	315
4. Определение M'	318
5. Определение \bar{M}_0	322
6. Поляризация вакуума	324
7. Сводка результатов	324
Приложение	326
Литература	326
XI. Перенормировка мезонных теорий (П. Мэттьюс и А. Салам)	327
Литература	333
XII. Релятивистское уравнение для связанных состояний (Е. Сальпетер и Г. Бете)	334
1. Введение	334
2. Вывод уравнений	335
3. Дальнейшее исследование полученного уравнения	339
4. Скалярные мезоны. Предельный нерелятивистский случай	342
5. Строгое решение нерелятивистского уравнения	344
6. Обсуждение результатов	348
Приложение. Сводка уравнений, выведенных в разделах 2 и 3	351
Литература	351
XIII. Массовые поправки к тонкой структуре водородоподобных атомов (Е. Сальпетер)	352
1. Введение	352
2. Мгновенное взаимодействие и теория возмущений для четырехмерного уравнения	353
А. Мгновенное взаимодействие	353
Б. Теория возмущений	357
3. Мгновенное кулоновское взаимодействие	358
4. Поправки, связанные с поперечными фотонами	362
5. Трехмерное рассмотрение с помощью теории возмущений	365
6. Четырехмерное рассмотрение „поперечных“ членов	367
А. „Главный член“	368
Б. „Поперечный двухфотонный“ член	370
7. Обобщение на сложные ядра	372
Приложение	375
Литература	377
XIV. Трактовка квантовой электродинамики без теории возмущений (С. Эдвардс)	378
1. Введение	378
2. Вывод уравнения	379
3. Решение уравнения	381
4. Анализ оператора $\Gamma^{(0)}$	384
5. Применение к мезонной теории	385
А. Нелинейное скалярное поле	385
Б. Псевдоскалярная мезонная теория с псевдоскалярной связью	386
В. Псевдоскалярные мезоны, градиентная связь	388
Заключение и перспективы	389
Приложение	389
Литература	390