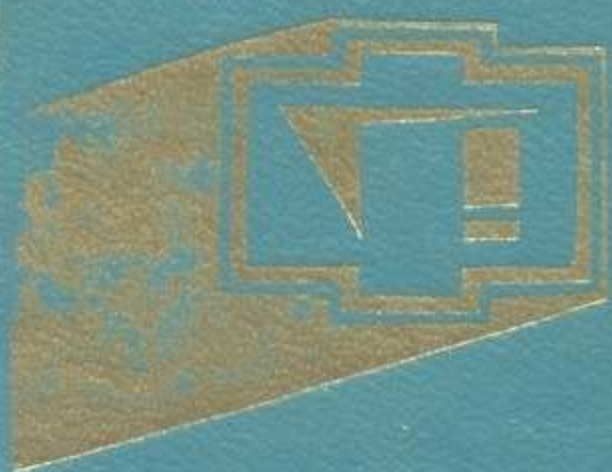


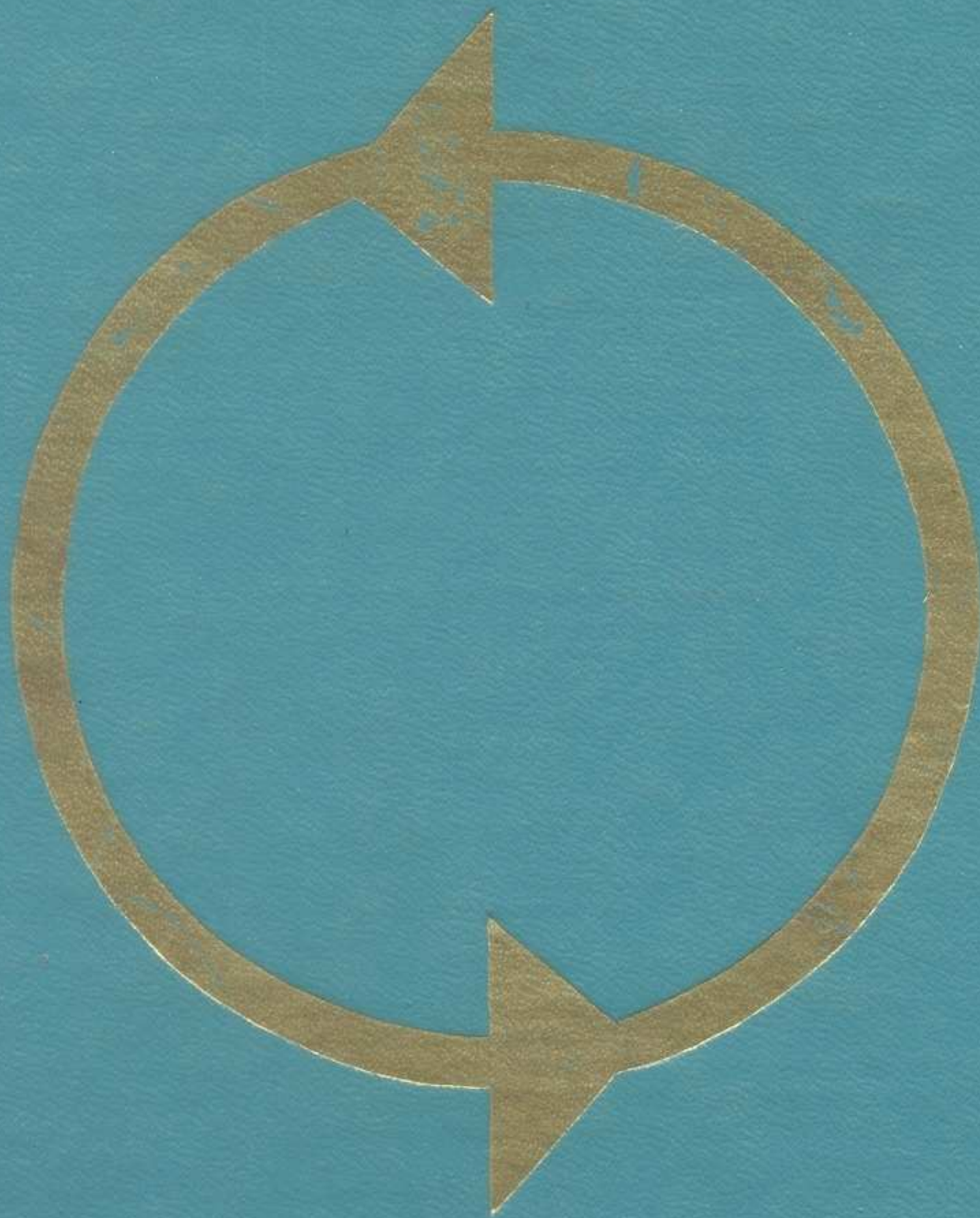
Л 2004 Я7

16524



*А. А. Соколов,
И. М. Тернов,
В. Ч. Жуковский,
А. В. Борисов*

*КВАНТОВАЯ
ЭЛЕКТРО
ДИНАМИКА*



ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Глава I	
Классическая теория поля	5
§ 1. Вариационный принцип в теории поля	5
а) Линейная цепочка	5
б) Общая вариационная задача	8
в) Метод Гамильтона	11
§ 2. Преобразования Лоренца	17
а) Пространство Минковского	17
б) Общие преобразования Лоренца	18
§ 3. Группа Лоренца и группа Пуанкаре	23
а) Группы Ли	23
б) Примеры непрерывных групп преобразований	31
§ 4. Интегралы уравнений поля	40
а) Теорема Э. Нетер	40
б) Тензор энергии-импульса, момент поля	45
§ 5. Спинорное представление группы	48
а) Группа $SU(2)$	48
б) Линейные представления $SU(2)$	51
§ 6. Внутренние симметрии полей. Калибровочные преобразования	56
а) Изотопические вращения	56
б) Динамические симметрии	61
§ 7. Скалярное поле	63
а) Инвариантные уравнения полей	64
б) Скалярное уравнение	65
§ 8. Спинорное представление группы Лоренца	70
а) Группа $SL(2, C)$	70
б) Уравнение Дирака	76
§ 9. Спинорное и массивное векторное поля	79
а) Функция Лагранжа и токи Нетер дираковского поля	79
б) Массивное векторное поле	82
§ 10. Электромагнитное поле	85
а) Локальные калибровочные преобразования	85
б) Уравнения электромагнитного поля	89
в) Кулоновская калибровка	91
г) Калибровка Лоренца	93
§ 11. Калибровочные поля	96
а) Произвольная калибровочная группа	97
б) Поля Янга—Миллса	98
в) Механизм Хиггса в классической теории поля	100
Глава II	
Основы классической электродинамики	104
§ 12. Уравнения Максвелла—Лоренца	104
§ 13. Функция Грина волнового уравнения	106

§ 14.	Вариационный принцип в электродинамике	111
§ 15.	Закон сохранения энергии-импульса в электродинамике	113
§ 16.	Классическая теория излучения	116
	а) Поле произвольно движущегося точечного заряда	116
	б) Мощность излучения	120
	в) Спектр излучения	124
	г) Поляризация излучения	128
§ 17.	Синхротронное излучение	132
	а) Спектрально-угловое распределение мощности СИ при произвольных скоростях	132
	б) Особенности излучения релятивистских частиц	134
	в) Спектрально-угловое распределение мощности излучения релятивистских частиц	137
	г) Спектральное распределение СИ	139

Глава III

	<i>Основы квантовой электродинамики</i>	144
§ 18.	Квантование свободного электромагнитного поля (кулоновская калибровка)	144
	а) Энергия свободного электромагнитного поля. Фотоны	144
	б) Спин фотонов	150
§ 19.	Квантование электромагнитного поля (калибровка Лоренца)	151
	а) Энергия поля	151
	б) Каноническое квантование	153
§ 20.	Перестановочная и причинная функции электромагнитного поля	159
	а) Перестановочное соотношение для операторов электромагнитного поля	159
	б) Нормальное и хронологическое произведения операторов электромагнитного поля	162
§ 21.	Квантование дираковского поля	165
	а) Зарядовое сопряжение	165
	б) Перестановочные соотношения. Антиккоммутаторы	169
§ 22.	Перестановочная и причинная функции дираковского поля	173
	а) Каноническое квантование	173
	б) Перестановочная функция	175
	в) Причинная функция Грина	177
	г) Переопределение энергии и тока для уравнения Дирака	179
§ 23.	Электромагнитное взаимодействие	180
	а) Гейзенберговские уравнения полей	181
	б) Представление взаимодействия (картина Дирака)	183
§ 24.	S-матрица для электромагнитного взаимодействия	187
	а) Формула Дайсона	187
	б) Теорема Вика	190
§ 25.	Излучение классического тока	192
	а) Электромагнитное поле классического источника	193
	б) Излучение мягких фотонов	194
§ 26.	Диаграммы Фейнмана	201
	а) Структура ряда для S-матрицы	201
	б) Правила Фейнмана	204
§ 27.	Инвариантное сечение реакции	207
	а) Вероятность и сечение	207
	б) Оптическая теорема	212

Глава IV

	<i>Процессы взаимодействия электронов с фотонами</i>	214
§ 28.	Квантовая теория излучения	214
	а) Представление Фарри	215

б) Спонтанное излучение	216
в) Вынужденное излучение и поглощение	220
§ 29. Синхротронное излучение (квантовая теория)	222
а) Решение уравнения Дирака для электрона в постоянном однородном магнитном поле	223
б) Квазиклассическое решение уравнения Дирака	227
в) Вероятность излучения	230
г) Мощность излучения	234
д) Эффект самополяризации	239
§ 30. Комptonовское рассеяние	240
а) Матричный элемент процесса	240
б) Сечение комptonовского рассеяния	241
в) Рассеяние в лабораторной системе	247
г) Обратный комpton-эффект	248
§ 31. Перекрестная симметрия амплитуды реакции	249
§ 32. Двухфотонное рождение и двухфотонная аннигиляция электронно-позитронных пар	252
а) Двухфотонное рождение пары ($\gamma\gamma \rightarrow e^+e^-$)	252
б) Двухфотонная аннигиляция пары	254
§ 33. Метод эквивалентных фотонов	255
§ 34. Тормозное излучение релятивистских электронов на ядре	260
а) Тормозное излучение ультрарелятивистских электронов	261
б) Рождение электронно-позитронной пары фотоном на ядре	263
§ 35. Вакуумные эффекты. Перенормировки в квантовой электродинамике	264
а) Рассеяние электрона во внешнем поле	264
б) Радиационные поправки к амплитуде рассеяния	267
в) Перенормировка массы	269
г) Поправка к вершине	272
д) Поляризация вакуума. Перенормировка заряда	272
е) Аномальный магнитный момент электрона	275
ж) Сечение рассеяния во внешнем поле с учетом радиационных поправок	276
§ 36. Основные свойства синхротронного излучения и их экспериментальное исследование	279
а) Спектрально-угловые характеристики синхротронного излучения	280
б) Поляризационные свойства синхротронного излучения	287
в) Квантовые эффекты в синхротронном излучении	290
г) Спиновые эффекты	296
д) Литература к § 36	303
Заключение	305
Литература	305
Предметный указатель	307