

П. Я. Уфимцев

Теория дифракционных краевых волн в электродинамике

Введение в физическую теорию дифракции

Перевод с английского
А. В. Капцова

5-е издание, электронное



Москва
Лаборатория знаний
2020

УДК 537.811+621.371.334
ББК 22.336
У88

Уфимцев П. Я.

У88 Теория дифракционных краевых волн в электродинамике. Введение в физическую теорию дифракции / П. Я. Уфимцев ; пер. с англ. — 5-е изд., электрон. — М. : Лаборатория знаний, 2020. — 375 с. — Систем. требования: Adobe Reader XI ; экран 10". — Загл. с титул. экрана. — Текст : электронный.

ISBN 978-5-00101-808-7

В книге изучается дифракция электромагнитных волн на телах, больших по сравнению с длиной волны. Развиваются приближенные и строгие методы исследования. Полученные результаты проливают свет на природу таких явлений, как дифракция Френеля, теневое излучение, деполаризация обратного рассеяния, процесс формирования краевых волн и т. д.

Книга предназначена для радиофизиков и радиоинженеров, а также для преподавателей вузов, аспирантов и студентов при изучении антенн, дифракции радиоволн и стелс-технологии по созданию объектов, не видимых для радаров.

УДК 537.811+621.371.334
ББК 22.336

Деривативное издание на основе печатного аналога: Теория дифракционных краевых волн в электродинамике. Введение в физическую теорию дифракции / П. Я. Уфимцев ; пер. с англ. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. — 372 с. : ил.

ISBN 978-5-9963-0634-3.

В соответствии со ст. 1299 и 1301 ГК РФ при устранении ограничений, установленных техническими средствами защиты авторских прав, правообладатель вправе требовать от нарушителя возмещения убытков или выплаты компенсации

© 2003 by Tech Science Press
© Перевод на русский язык,
Лаборатория знаний, 2015

ISBN 978-5-00101-808-7

Оглавление

| | |
|---|-----------|
| Предисловие редактора перевода | 9 |
| Предисловие автора к русскому изданию | 10 |
| Предисловие | 13 |
| Предисловие редактора американского издания | 19 |
| Комментарии к американскому изданию | 21 |
| Благодарности | 23 |
| Введение | 24 |
| Краткий обзор литературы по теории краевых волн | 27 |
| 1. Дифракция электромагнитных волн на черных телах | 33 |
| § 1.1. Черные тела | 33 |
| § 1.2. Векторный аналог теорем Гельмгольца | 34 |
| § 1.3. Определение черного тела и теорема о теневом контуре | 36 |
| § 1.4. Принцип дополнительности для тонких экранов | 41 |
| § 1.5. Интегральный поперечник рассеяния для черных тел | 42 |
| § 1.6. Черная полуплоскость | 43 |
| § 1.7. Черная лента и черный диск | 48 |
| § 1.8. Физическая модель черного тела | 55 |
| § 1.9. Наблюдение М. Л. Левина | 57 |
| § 1.10. Основные свойства поля, рассеянного черными телами | 59 |
| 2. Дифракция на выпуклых идеально проводящих телах: элементы физической теории дифракции | 61 |
| § 2.1. Равномерные и неравномерные токи | 61 |
| § 2.2. Краевые волны поля, рассеянного клином | 63 |
| § 2.3. Поле, рассеянное круговым изломом | 70 |
| § 2.4. Конусы | 75 |
| § 2.5. Параболоиды вращения | 83 |
| § 2.6. Сферические поверхности | 87 |
| § 2.7. Дополнительные замечания | 91 |
| 3. Дифракция на вогнутых телах: обобщение физической теории дифракции | 93 |
| § 3.1. Поле внутри клиновидного рупора | 93 |
| § 3.2. Дифракция на круговом изломе вогнутой поверхности вращения | 102 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| § 3.3. | Поле в отраженной конической волне | 104 |
| § 3.4. | Эффективная поверхность рассеяния конического тела | 106 |
| § 3.5. | Результаты численных расчетов эффективной поверхности рассеяния | 111 |
| § 3.6. | Дополнительные замечания | 114 |
| 4. | Измерение поля, излучаемого дифракционными токами | 115 |
| § 4.1. | Обратное рассеяние волн с круговой поляризацией | 115 |
| § 4.2. | Деполаризация отраженной волны | 122 |
| § 4.3. | Основные результаты | 125 |
| 5. | Исследование дифракции на клине методом параболического уравнения | 127 |
| § 5.1. | Параболическое уравнение | 127 |
| § 5.2. | Постановка задачи | 128 |
| § 5.3. | Решение параболического уравнения | 130 |
| § 5.4. | Асимптотическое разложение для функции $w(r, \psi)$ | 134 |
| § 5.5. | Метод отражений | 137 |
| § 5.6. | Поперечная диффузия и дифракция цилиндрических волн на клине | 139 |
| § 5.7. | Дополнительные замечания | 141 |
| 6. | Волны тока в тонких проводниках и на ленте | 143 |
| § 6.1. | Бесконечный проводник, возбуждаемый сосредоточенной э.д.с. | 144 |
| § 6.2. | Передающий вибратор | 147 |
| § 6.3. | Полубесконечный проводник, возбуждаемый плоской волной | 149 |
| § 6.4. | Пассивный вибратор | 154 |
| § 6.5. | Ближнее поле | 159 |
| § 6.6. | Волны тока на ленте | 161 |
| § 6.7. | Основные результаты | 165 |
| § 6.8. | Дополнительные замечания | 166 |
| 7. | Излучение краевых волн: теория, основанная на теореме вза- имности | 167 |
| § 7.1. | Вычисление поля в дальней зоне | 167 |
| § 7.2. | Излучение передающего вибратора | 168 |
| § 7.3. | Первичная и вторичная дифракция на пассивном вибраторе | 170 |
| § 7.4. | Многократная дифракция краевых волн | 177 |
| § 7.5. | Полное рассеянное поле | 180 |
| § 7.6. | Вибратор, короткий по сравнению с длиной волны | 185 |
| § 7.7. | Результаты численных расчетов | 187 |
| § 7.8. | Излучение краевых волн на ленте | 191 |
| § 7.9. | Заключение | 195 |
| 8. | Функциональные и интегральные уравнения в теории дифрак- ции плоской волны на ленте (граничная задача Неймана) | 197 |
| § 8.1. | Об асимптотических решениях задачи о дифракции на ленте | 197 |
| § 8.2. | Симметрия краевых волн | 198 |
| § 8.3. | Формулировка и решение функциональных уравнений | 201 |
| § 8.4. | Характеристика рассеяния и уравнение краевых волн | 204 |

| | | |
|------------|--|-----|
| § 8.5. | Ряд последовательных приближений для тока и их свойства | 207 |
| § 8.6. | Сходимость бесконечных рядов для тока | 210 |
| § 8.7. | Интегральное уравнение для тока и решение Шварцшильда | 214 |
| 8.7.1. | Интегральное уравнение, вытекающее из решения функциональных уравнений (8.3.10) | 214 |
| 8.7.2. | Интегральное уравнение, которое является следствием решения Шварцшильда | 215 |
| 8.7.3. | Эквивалентность ядер $K(x, z)$ и $\hat{K}(x, z)$ | 217 |
| § 8.8. | Преобразование формулы (8.5.2) в (8.5.10) | 220 |
| 9. | Асимптотическое представление для плотности тока на ленте 223 | |
| § 9.1. | Леммы об асимптотических разложениях для многократных интегралов | 223 |
| § 9.2. | Асимптотические ряды для функций χ_n | 228 |
| § 9.3. | Оценки для функций $\varphi_q^{(m)}(q, \alpha)$, $\varphi(kz, 1)$ и $\hat{\varphi}_m(kz)$ | 230 |
| § 9.4. | Асимптотические представления для функций χ_n | 232 |
| § 9.5. | Первое приближение для тока | 235 |
| § 9.6. | N -е приближение для тока | 237 |
| 9.6.1. | Вывод приближенной формулы | 237 |
| 9.6.2. | Проверка краевых условий | 238 |
| 9.6.3. | Оценка погрешности | 239 |
| 10. | Асимптотические представления для диаграммы рассеяния 241 | |
| § 10.1. | Точное выражение для характеристики рассеяния и некоторые свойства функций $\varphi_n(\alpha, \alpha_0)$ | 241 |
| § 10.2. | Асимптотические представления для функций $\varphi_n(\alpha, \alpha_0)$ | 244 |
| 10.2.1. | Асимптотические ряды для функций $\varphi_n(\alpha, \alpha_0)$ | 244 |
| 10.2.2. | Оценка функции $U_{n,2}(\alpha, \alpha_0)$ | 247 |
| 10.2.3. | Асимптотическое представление для $\varphi_{n+m}(\alpha, \alpha_0)$ | 248 |
| § 10.3. | Первое приближение для диаграммы рассеяния | 249 |
| § 10.4. | N -е приближение для диаграммы рассеяния | 254 |
| 10.4.1. | Вывод приближенной формулы | 254 |
| 10.4.2. | Проверка граничных условий | 255 |
| 10.4.3. | Оценка погрешности | 255 |
| 10.4.4. | Интегральный поперечник рассеяния | 256 |
| § 10.5. | Зависимость между приближенными выражениями для тока и диаграммы рассеяния | 258 |
| § 10.6. | Дополнительные замечания | 262 |
| 11. | Дифракция плоской волны на ленте, ориентированной в направлении поляризации (граничная задача Дирихле) 263 | |
| § 11.1. | Формулировка и решение функциональных уравнений | 263 |
| § 11.2. | Диаграмма рассеяния и уравнение краевых волн | 265 |
| § 11.3. | Ряд приближений и интегральное уравнение для тока | 267 |
| 11.3.1. | Ряд по функциям $\xi_n(z, \alpha_0)$ и некоторые их свойства | 267 |
| 11.3.2. | Интегральное уравнение для тока | 269 |
| § 11.4. | Асимптотические представления для функций $\xi_n(z, \alpha)$ | 270 |
| § 11.5. | Первое приближение для тока | 275 |

| | |
|--|------------|
| § 11.6. N -е приближение для тока | 276 |
| § 11.7. Ряд по функциям $\psi_n(\alpha, \alpha_0)$ для диаграммы рассеяния | 277 |
| § 11.8. Асимптотические представления функций $\psi_n(\alpha, \alpha_0)$ | 278 |
| § 11.9. Первое приближение для диаграммы рассеяния | 281 |
| § 11.10. N -е приближение для диаграммы рассеяния | 284 |
| § 11.11. Зависимость между приближенными выражениями для тока и диаграммы рассеяния | 288 |
| § 11.12. Основные результаты математической теории краевых волн | 290 |
| 12. Дифракция на открытом резонаторе, образованном парал- лельными лентами | 291 |
| § 12.1. Вывод основных функциональных уравнений | 292 |
| § 12.2. Решение функциональных уравнений для краевых волн | 295 |
| § 12.3. Строгие выражения для рассеянного поля в дальней зоне и внутри резонатора | 300 |
| § 12.4. О физическом смысле и асимптотических разложениях | 305 |
| § 12.5. Приближенные выражения для диаграмм рассеяния | 309 |
| § 12.6. Резонансная часть поля внутри резонатора | 316 |
| § 12.7. Излучение из открытого резонатора | 320 |
| § 12.8. Результаты численных расчетов | 329 |
| § 12.9. Основные результаты | 333 |
| § 12.10. Дополнительные замечания | 334 |
| Заключение | 335 |
| Список литературы | 338 |
| Приложение 1. Связь между системой единиц СГС и СИ | 356 |
| Приложение 2. Ключевая теорема эквивалентности | 362 |
| Авторский и предметный указатель | 367 |