

Р. Б. ВАГАНОВ, Б. З. КАЦЕНЕЛЕНБАУМ

ОСНОВЫ ТЕОРИИ ДИФРАКЦИИ



МОСКВА «НАУКА»
ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1982

ВАГАНОВ Р. Б., КАЦЕНЕЛЕНБАУМ Б. З. Основы теории дифракции.— М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1982.— (Современные физико-технические проблемы). — 272 с.

В книге дано систематическое изложение математических методов решения задач дифракции монохроматических волн (электродинамика, акустика). Представлены как точные методы (разделение переменных, интегрирование в плоскости комплексной переменной, метод собственных колебаний), так и приближенные (вариационные, низкочастотная и высокочастотная асимптотики). В каждом методе описаны в первую очередь его идея, область применения, связь с другими методами. Затем изложен, в наиболее простой постановке, аппарат метода и приведены примеры его применения. Книга может служить введением в теорию дифракции и облегчить переход к чтению более узкоспециальных монографий и журнальных статей.

Для специалистов в области радиофизики, распространения радиоволн, оптики, акустики и математической физики, а также аспирантов и студентов университетов, физико-технических и инженерно-физических институтов.

Рис. 77. Табл. 2. Библ. 31 назв.

Роберт Борисович Ваганов
Борис Захарович Каценеленбаум
ОСНОВЫ ТЕОРИИ ДИФРАКЦИИ

(Серия «Современные физико-технические проблемы»)

Редактор *Н. А. Петрунина*

Техн. редактор *Е. В. Морозова*

Корректор *Л. И. Назарова*

ИБ № 11819

Сдано в набор 19.12.81. Подписано к печати 31.08.82. Т-16739. Формат 60×90^{1/16}. Бумага тип. № 1. Литературная гарнитура. Высокая печать. Условн. печ. л. 17. Уч.-изд. л. 16,71. Тираж 4700 экз. Заказ № 2. Цена 2 р. 50 к.

Издательство «Наука»
Главная редакция физико-математической литературы
117071, Москва, В-71, Ленинский проспект, 15

Ленинградская типография № 2 головное предприятие ордена Трудового Красного Знамени Ленинградского объединения «Техническая книга» им. Евгения Соколовой Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 198052, г. Ленинград, Л-52, Измайловский проспект, 29

В $\frac{1704050000-125}{053(02)-82}$ 104-82

© Издательство «Наука».
Главная редакция
физико-математической
литературы, 1982

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	9
-----------------------	---

Глава I

УРАВНЕНИЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ

§ 1. Введение	11
1.1. Комплексные амплитуды (11). 1.2. Комплексные диэлектрическая и магнитная проницаемости (12). 1.3. Квадратичные величины (12). 1.4. Уравнения электродинамики и акустики (13). 1.5. Токи поляризации (14). 1.6. Волновые уравнения (15). 1.7. Плоские волны (17).	
§ 2. Граница раздела (особые поверхности поля)	18
2.1. Граница раздела диэлектриков (19). 2.2. Поверхность хорошего проводника (20). 2.3. Поверхность идеального проводника (21). 2.4. Тела с границами раздела как частный случай непрерывных сред (23). 2.5. Граничные условия в акустике (24).	
§ 3. Особые точки поля	25
3.1. Точечный источник. Линейный источник (25). 3.2. Поток энергии из источника (27). 3.3. Ребра и вершины (28). 3.4. Бесконечно удаленные точки (32).	
§ 4. Теорема единственности	34
4.1. Среда без особенностей (35). 4.2. Общий случай (37). 4.3. Нарушение теоремы единственности (39). 4.4. Неявные способы задания стороннего тока (40).	

Глава II

МЕТОД РАЗДЕЛЕНИЯ ПЕРЕМЕННЫХ

§ 5. Дифракция на цилиндре	43
5.1. Сохранение поляризации и деполаризация при дифракции на произвольном цилиндре (43). 5.2. Металлический круговой цилиндр; E -поляризация, ряд Релея (44). 5.3. Металлический круговой цилиндр; H -поляризация, ряд Релея (46). 5.4. Металлический круговой цилиндр; E -поляризация, ряд Ватсона (47). 5.5. Источник в виде линии тока, ряд Ватсона; падение плоской волны (50). 5.6. Импедансный цилиндр; скалярная задача (53). 5.7. Диэлектрический круговой цилиндр, ряд Релея (53). 5.8. Металлический эллиптический цилиндр (56). 5.9. Круговой цилиндр; поле зависит от z (57). 5.10. Поля и токи при дифракции на круговом цилиндре (57).	
§ 6. Дифракция на шаре	63
6.1. Акустическая задача, ряд Релея (63). 6.2. Электромагнитная задача: идеально проводящая сфера (66). 6.3. Электромагнитная задача; диэлектрический шар (68). 6.4. Акустическая задача, ряд Ватсона (68). 6.5. Поля и токи при дифракции на шаре (71).	
§ 7. Дифракция на клине	74
7.1. Дифракция на клине; E -поляризация (74). 7.2. Интегральные представления полей дифракции плоской волны на клине (77). 7.3. Поле вдали от ребра (79). 7.4. Поле вблизи границы свет-тень (79). 7.5. Поля при дифракции на клине (80). 7.6. Дифракция на клине; H -поляризация (82).	

Глава III

СОБСТВЕННЫЕ ФУНКЦИИ

- § 8. Метод собственных частот 84
 8.1. Простой пример: возбуждение закрытого резонатора; метод разделения переменных (85). 8.2. Возбуждение закрытого резонатора; метод собственных частот (86). 8.3. Учет конечной проводимости стенок (88). 8.4. Резонатор с диэлектриком (89). 8.5. Применение метода собственных частот для внешних задач; непрерывный спектр (91).
- § 9. Собственное значение — диэлектрическая проницаемость 92
 9.1. Диэлектрик в закрытом резонаторе (92). 9.2. Резонансный множитель (94). 9.3. Диэлектрик в резонаторе с неидеальными стенками или излучением; тело с ϵ_d генерирует энергию (во вспомогательной задаче) (94). 9.4. Собственное значение ϵ_d входит в двустороннее граничное условие (95). 9.5. Пример: резонанс в диэлектрическом цилиндре (97).
- § 10. Собственное значение — импеданс стенки 99
 10.1. Собственный импеданс; задача дифракции с нулевым импедансом (99). 10.2. Импеданс в задаче дифракции отличен от нуля (101). 10.3. Внешняя задача (102). 10.4. Перенос математического аппарата на уравнения Максвелла (102). 10.5. Другие методы собственных колебаний (103).

Глава IV

ФУНКЦИИ ГРИНА И ВЫВОД ИНТЕГРАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ

- § 11. Функции Грина 105
 11.1. Определение функции Грина; выражение для поля в пространстве через функцию Грина (106). 11.2. Выражение для поля на бесконечности через функцию Грина (109). 11.3. Граничные задачи (111). 11.4. Функция Грина в векторной формулировке (112).
- § 12. Интегральные уравнения для поля в диэлектрике и тока на металле 114
 12.1. Задачи с диэлектриком (115). 12.2. Снижение размерности интегрального уравнения (116). 12.3. Диэлектрик в волноводе (118). 12.4. Металлическое тело; E -поляризация; интегральное уравнение первого рода (119). 12.5. Металлическое тело; E -поляризация; интегральное уравнение второго рода (121). 12.6. Металлическое тело; H -поляризация; интегральное уравнение первого рода (122). 12.7. Металлическое тело; H -поляризация; интегральное уравнение второго рода (123). 12.8. Потенциал двойного слоя и производная потенциала простого слоя (123). 12.9. Возбуждение длинного тонкого вибратора (125).
- § 13. Интегральные уравнения для электрического поля в отверстии экрана 128
 13.1. Отверстие в плоском экране; E -поляризация (128). 13.2. Отверстие в плоском экране; H -поляризация (131). 13.3. Уравнения первого и второго рода (132). 13.4. Векторная задача (134). 13.5. Индуктивная диафрагма в волноводе (135).

Глава V

ВАРИАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ

- § 14. Стационарный функционал для собственных значений. Метод Ритца 138
 14.1. Собственная частота резонатора (138). 14.2. Метод Ритца (141). 14.3. Естественные граничные условия (143). 14.4. Уравнения Максвелла (144). 14.5. Резонатор с диэлектриком (145). 14.6. Стационарный функционал для собственного импеданса (146).
- § 15. Стационарные функционалы для коэффициентов отражения и преобразования и для полей 147
 15.1. Коэффициент отражения от диафрагмы (147). 15.2. Матрица рассеяния от диафрагмы (149). 15.3. Стационарный функционал для поля (151).

Глава VI ИНТЕГРИРОВАНИЕ В ПЛОСКОСТИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ

- § 16. Возбуждение импедансной плоскости (двумерный вариант) 154
 16.1. Постановка задачи (154). 16.2. Разделение переменных (156). 16.3. Разрезы на плоскости комплексной переменной (158). 16.4. Особенности функции $F(\lambda)$ при $\lambda=0$ (158). 16.5. Дополнительное поле вблизи поверхности (160). 16.6. Возбуждение поверхностной волны (162). 16.7. Вычисление амплитуды поверхностной волны по заданным токам (164). 16.8. Цилиндрическая волна (166). 16.9. Разложение падающего поля на плоские волны (168).
- § 17. Возбуждение диэлектрического слоя и диэлектрического цилиндра 170
 17.1. Диэлектрический слой (171). 17.2. Вытекающие волны (173). 17.3. Диэлектрический цилиндр (174).
- § 18. Метод Винера — Хопфа (метод факторизации) 177
 18.1. Интегральное уравнение (177). 18.2. Две вспомогательные функции и их преобразования Фурье (178). 18.3. Соотношение между преобразованиями Фурье (180). 18.4. Факторизация (180). 18.5. Дополнительные соображения (182). 18.6. Метод Джонса (184).

Глава VII НИЗКИЕ ЧАСТОТЫ

- § 19. Дифракция на малых трехмерных телах и малых отверстиях . . . 186
 19.1. Металлическое тело; формулировка статических задач (186). 19.2. Скалярные потенциалы (188). 19.3. Металлическая сфера; эллипсоид вращения (190). 19.4. Дифрагированное поле во всем пространстве (192). 19.5. Диэлектрическое тело (193). 19.6. Особые значения диэлектрической проницаемости (194). 19.7. Малое отверстие в плоском экране; принцип двойственности (196).
- § 20. Двумерные задачи. Дифракция на прямолинейных металлических цилиндрах и на частопериодических структурах 199
 20.1. E -поляризация; круговой металлический цилиндр (200). 20.2. E -поляризация; металлический цилиндр произвольного сечения (202). 20.3. E -поляризация; частая гофра (205). 20.4. E -поляризация; решетка (207). 20.5. H -поляризация; круговой цилиндр (209). 20.6. H -поляризация; цилиндр произвольного сечения; электростатический потенциал (211). 20.7. H -поляризация; решетка (215).

Глава VIII ВЫСОКИЕ ЧАСТОТЫ

- § 21. Неоднородные среды 218
 21.1. Почти плоское поле (218). 21.2. Лучи и фронты (220). 21.3. Принцип Ферма (221). 21.4. Лучевые трубки (222). 21.5. Точка стационарной фазы (225). 21.6. Область влияния (227). 21.7. Условие применимости геометрической оптики (228). 21.8. Каустики (230). 21.9. Линейный слой (231). 21.10. Комплексные лучи (235). 21.11. Векторная геометрическая оптика (237).
- § 22. Большие тела 238
 22.1. Структура поля (238). 22.2. Физическая оптика или приближение Кирхгофа (239). 22.3. Принцип Вавине (241). 22.4. Метод параболического уравнения (242). 22.5. Локальный характер высокочастотной дифракции (243). 22.6. Физическая теория дифракции; метод красных волн (244). 22.7. Геометрическая теория дифракции (245). 22.8. Дифракция на гладком выпуклом теле (246).

§ 23. Большие отверстия	247
23.1. Лучевая структура (248). 23.2. Полутеневые зоны (248). 23.3. Дифракция Френеля и Фраунгофера (249). 23.4. Параксиальное приближение (251). 23.5. Фокальное пятно (253). 23.6. Формирование изображения линзой (254).	
§ 24. Волновые пучки	255
24.1. Источники в комплексном пространстве (256). 24.2. Свойства гауссова пучка (259). 24.3. Геометрическая оптика неоднородных волн (261). 24.4. Линзовая линия (263). 24.5. Собственные волны линзовой линии (265). 24.6. Открытые резонаторы (267)	
Литература	269