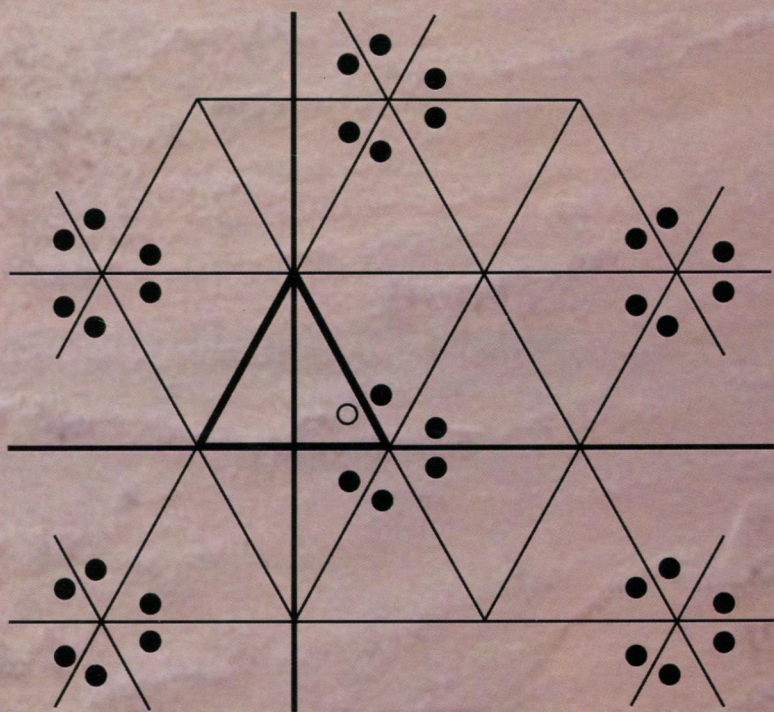
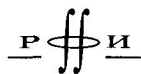


М.А. СУМБАТЯН, А. СКАЛИЯ

**Основы
теории дифракции
с приложениями
в механике и акустике**



УДК 534.2
ББК 22.03
С 89



*Издание осуществлено при поддержке
Российского фонда фундаментальных
исследований по проекту 13-01-07024,
не подлежит продаже*

Сумбатян М. А., Скалия А. **Основы теории дифракции с приложениями в механике и акустике.** — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013. — 328 с. — ISBN 978-5-9221-1534-6.

Монография посвящена основам теории дифракции в приложении к задачам механики и акустики. Приведены необходимые сведения из математического анализа и теории волновых процессов. Рассмотрены задачи дифракции в неограниченной среде, на прямолинейных рассеивателях, в слое постоянной толщины. Изложена теория Вейля–Карлемана для собственных частот колебаний ограниченных тел. Описаны методы решения обратных задач идентификации рассеивателя. Показано, что данная теория тесно связана с некорректными задачами, рассмотрению которых посвящена отдельная глава. В заключительной части излагаются численные методы решения нерегулярных задач.

Книга предназначена студентам старших курсов физико-математических и инженерных специальностей, аспирантам и специалистам и предоставляет инструменты для создания собственных полезных методов, как аналитических, так и численных.

ISBN 978-5-9221-1534-6

© ФИЗМАТЛИТ, 2013

© М. А. Сумбатян, А. Скалия, 2013

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	6
Глава 1. Некоторые сведения из анализа и теории волновых процессов	10
1.1. Преобразование Фурье и аналитические функции	10
1.2. Интегральные уравнения свертки и метод Винера–Хопфа	16
1.3. Суммирование расходящихся рядов и интегралов	21
Суммирование методом Пуассона–Абеля (22).	
1.4. Асимптотические оценки интегралов	26
1.5. Теория Фредгольма для интегральных уравнений второго рода	37
1.6. Интегральные уравнения Фредгольма первого рода	41
1.7. Сингулярные интегральные уравнения типа Коши	48
1.8. Гиперсингулярные интегралы и интегральные уравнения	56
1.9. Основные уравнения волновой механики и акустики	61
1.9.1. Линейная гидроаэроакустика (61). 1.9.2. Электромагнитная волновая теория (64). 1.9.3. Линейная динамическая теория упругости (64).	
Глава 2. Теория дифракции для препятствий в неограниченной среде	68
2.1. Свойства потенциалов простого и двойного слоя	68
2.1.1. Трехмерный случай (68). 2.1.2. Двумерный случай (69).	
2.2. Основное интегральное уравнение теории дифракции	77
Постановка задачи дифракции (81).	
2.3. Свойства интегрального оператора теории дифракции	84
2.3.1. Задача дифракции для низких частот (85). 2.3.2. Пример. Низкочастотная дифракция на твердом круглом диске (85). 2.3.3. Произвольное трехмерное препятствие. Акустически твердая граница (87).	
2.4. Низкочастотное решение для сферического отражателя	89
2.4.1. Акустически твердое препятствие (89). 2.4.2. Акустически мягкое препятствие (92).	

2.5. Диаграмма рассеяния для канонических форм	93
2.5.1. Низкочастотное рассеяние на твердом круглом диске (94).	
2.5.2. Низкочастотная диаграмма для акустически твердой сферы (95).	
2.5.3. Рассеяние на акустически мягкой сфере (97).	
2.6. Асимптотический характер теории дифракции Кирхгофа	98
Пример. Высокочастотная диаграмма рассеяния на круглом диске (102).	
Глава 3. Волновые поля в слое постоянной толщины.	105
3.1. Волновой оператор в акустическом слое.	105
3.2. Принципы выбора единственного решения	109
3.2.1. Условие излучения Зоммерфельда (109).	
3.2.2. Принцип предельного поглощения (принцип Игнатовского) (111).	
3.2.3. Энергетическое условие излучения (принцип Мандельштама) (112).	
3.2.4. Принцип предельно большого времени (принцип Тихонова–Самарского) (113).	
3.3. Волны в упругом слое	117
3.4. Суммирование некоторых осциллирующих рядов.	123
3.5. Эффективное вычисление волновых полей в слое постоянной толщины.	128
Глава 4. Аналитические методы для ограниченных областей	133
4.1. Спектральные свойства внутренней задачи для лапласиана.	133
4.2. Явные формулы для собственных частот круглого диска	141
4.3. Вариационные принципы для собственных значений	146
4.4. Теория Вейля–Карлемана распределения собственных значений. . .	152
Области, содержащие конечное число подобластей (154). Области произвольной формы (155).	
4.5. Явные результаты для некоторых многоугольников	156
4.5.1. Основы метода мнимых источников (157).	
4.5.2. Альтернативное представление для прямоугольной области (158).	
4.5.3. Обобщение на более сложные многоугольники (160).	
4.5.4. Оценка для собственных частот (162).	
4.6. Явные результаты для некоторых многогранников.	165
4.6.1. Быстро сходящееся представление для функции S (166).	
4.6.2. Точное решение для треугольной призмы (169).	
4.6.3. Явные формулы для собственных частот (171).	
Глава 5. Дифракция на прямолинейных препятствиях.	173
5.1. Дифракция на экране и на щели в экране	173
Свойства интегральных уравнений (176).	
5.2. Дифракция на трещине в неограниченной упругой среде	180
Свойства интегрального уравнения (182).	
5.3. Высокочастотная асимптотика в неограниченной среде.	186

5.4. Прямолинейный вибратор в бесконечном волноводе	191
Эффективное высокочастотное представление для $G_+(\alpha)$ (196).	
5.5. Волны в упругом полупространстве. Функция Рэлея	199
5.6. Динамическая контактная задача для упругого слоя	203
Глава 6. Методы коротковолновой асимптотики	208
6.1. Метод Шоха для трехмерных волновых полей	208
6.2. Высокочастотные волновые поля в упругом полупространстве	213
6.3. Асимптотическая природа геометрической теории дифракции	217
6.4. Высокочастотная дифракция с переотражениями.	221
6.5. Примеры высокочастотного многократного отражения	229
6.5.1. Симметричное отражение от полукруга (229). 6.5.2. Случай неизолированной стационарной точки (231).	
6.6. Физическая теория дифракции для невыпуклых отражателей	234
6.7. Высокочастотная трехмерная теория дифракции	237
Глава 7. Обратные задачи коротковолновой дифракции.	242
7.1. Основы дифференциальной геометрии выпуклых поверхностей	242
7.2. Сведение обратной задачи дифракции к задаче Минковского	247
7.3. Точные явные результаты для двумерной обратной задачи	250
7.4. Точное явное решение в случае осевой симметрии.	252
7.5. Реконструкция невыпуклых препятствий в двумерном случае	255
Глава 8. Обратные задачи дифракции для произвольной границы	262
8.1. Некорректные задачи для уравнений первого рода.	262
8.2. Регуляризация с помощью сглаживающего функционала	266
8.3. Итерационные методы для уравнений первого рода	271
8.4. Сравнение методов реконструкции геометрии рассеивателя.	276
8.5. Комбинация итераций и сглаживания	281
8.6. Метод глобального случайного поиска в обратных задачах	290
Глава 9. Численные методы для нерегулярных операторных уравнений	293
9.1. Метод наискорейшего спуска.	293
9.2. Метод Галеркина для слабосингулярных уравнений первого рода.	298
9.3. Физическая теория дифракции для невыпуклых отражателей	304
9.4. Численные методы для интегральных уравнений с ядром Коши.	310
9.5. Численные методы для гиперсингулярных уравнений.	315
Список литературы	321