

М. Б. Виноградова, О. В. Руденко, А. П. Сухоруков

ТЕОРИЯ ВОЛН

ЛИНЕЙНЫЕ
И НЕЛИНЕЙНЫЕ ВОЛНЫ



URSS

**М. Б. Виноградова,
О. В. Руденко,
А. П. Сухоруков**

ТЕОРИЯ ВОЛН

Допущено Государственным комитетом СССР
по народному образованию
в качестве учебного пособия
для студентов физических специальностей вузов

Издание третье



URSS
МОСКВА

**Виноградова Марианна Брониславовна,
Руденко Олег Владимирович,
Сухоруков Анатолий Петрович**

Теория волн: Учебное пособие. Изд. 3-е. — М.: ЛЕНАНД, 2015. — 448 с.

Изложены общие вопросы теории волн. Рассмотрены закономерности распространения сигналов в линейных и нелинейных средах с разнообразными физическими свойствами. Используются современные методы упрощения уравнений, позволяющие дать как детальное описание явлений, так и наглядную физическую интерпретацию. Во второе издание авторами был внесен ряд изменений и дополнений, отразивших прогресс в физике и методике преподавания предмета.

К достоинству монографии, выделяющему ее из ряда пособий по данной теме, относится то, что коллективом авторов приводится около 100 задач с подробными решениями, которые отлично дополняют теоретический материал.

Для студентов и аспирантов физических специальностей вузов, а также научно-технических работников, занимающихся вопросами радиофизики и распространения волн.

Рецензент:

член-корреспондент АН СССР Ф. В. Бункин

ООО «ЛЕНАНД». 117312, г. Москва, пр-т Шестидесятилетия Октября, д. 11А, стр. 11.
Формат 60×90/16. Печ. л. 28. Зак. № 5643

Отпечатано в ОАО «Первая Образцовая типография». Филиал «Чеховский печатный двор».
142300, Чехов, ул. Полиграфистов, д. 1.

ISBN 978–5–9710–1558–1

© ЛЕНАНД, 2014

16020 ID 191745



9 785971 015581

НАУЧНАЯ И УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА	
	E-mail: URSS@URSS.ru
	Каталог изданий в Интернете: http://URSS.ru
	Тел./факс (многоканальный): + 7 (499) 724 25 45
	URSS

Все права защищены. Никакая часть настоящей книги не может быть воспроизведена или передана в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами, будь то электронные или механические, включая фотокопирование и запись на магнитный носитель, а также размещение в Интернете, если на то нет письменного разрешения владельца.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие ко второму изданию	6
Из предисловия к первому изданию	7
Введение	9
§ 1. О волновых процессах	9
§ 2. Волновое уравнение	12
Часть первая. ЛИНЕЙНЫЕ ВОЛНЫ	
Глава I. Плоские волны в однородной изотропной среде	15
§ 1. Плоские волны	15
§ 2. Плоские звуковые волны в жидкостях и газах	18
§ 3. Продольные и поперечные волны в изотропном твердом теле	26
§ 4. Плоские электромагнитные волны в однородной изотропной среде	29
§ 5. Поток энергии	35
§ 6. Поляризация электромагнитных волн	37
§ 7. Отражение и преломление плоских волн на плоской границе раздела	39
Задачи	49
Глава II. Волны в диспергирующих средах	53
§ 1. Волновой пакет в диспергирующей среде	54
§ 2. Распространение сигнала в диспергирующей среде	64
§ 3. Материальные уравнения электромагнитного поля в среде с дисперсией	70
§ 4. Связь между дисперсией и поглощением. Дисперсионные соотношения Крамерса — Кронига	74
§ 5. Дисперсия электромагнитных волн в диэлектриках	79
§ 6. Диэлектрическая проницаемость и распространение волн в средах со свободными зарядами	84
§ 7. Распространение волн в релаксирующих средах	87
§ 8. Закон дисперсии и эволюционные уравнения	90
§ 9. Энергия электромагнитного поля в диспергирующей среде	94
§ 10. Распространение электромагнитных волн в средах при учете пространственной дисперсии	97
Задачи	104
Глава III. Распространение волн в анизотропных средах	109
§ 1. Общие закономерности распространения электромагнитных волн в анизотропных средах	110
§ 2. Распространение плоских волн в кристаллических средах	112
§ 3. Оптические свойства кристаллов	117
§ 4. Магнитоактивные среды. Тензор диэлектрической проницаемости плазмы в постоянном магнитном поле	123
§ 5. Распространение плоских высокочастотных волн в магнитоактивной плазме	127

§ 6.	Распространение свистящих атмосфериков и спиральных волн в металлах	134
§ 7.	Распространение низкочастотных и магнитогидродинамических волн в плазме	136
§ 8.	Распространение электромагнитных волн в гиромагнитных средах (ферритах)	140
Задачи	. . . . .	146
Глава IV. Волны в периодических структурах		150
§ 1.	Сплошная среда со слабыми периодическими неоднородностями	150
§ 2.	Уравнение Матве и уравнение Хилла	155
§ 3.	Волны в дискретных структурах	159
Задачи	. . . . .	165
Глава V. Распространение волн в неоднородных средах		167
§ 1.	Приближение геометрической оптики	169
§ 2.	Лучи в слоисто-неоднородных средах	175
§ 3.	Поле волны в плоскостойкой среде в приближении геометрической оптики	182
§ 4.	Точное решение уравнений для комплексных амплитуд в плоскостойкой среде	185
Задачи	. . . . .	188
Глава VI. Распространение волн в присутствии направляющих систем и в волноводах		192
§ 1.	Волны на поверхности жидкости	192
§ 2.	Рэлеевские волны на поверхности изотропных твердых тел	195
§ 3.	Волноводное распространение в слое	198
§ 4.	Электромагнитные волны в металлических волноводах	202
§ 5.	Поток энергии в волноводе. Затухание волн в волноводах	211
§ 6.	Объемные резонаторы	216
§ 7.	Волны в длинных линиях	223
§ 8.	Диэлектрические волноводы	226
§ 9.	Однопроводная металлическая линия	233
Задачи	. . . . .	235
Глава VII. Распространение ограниченных волновых пучков. Дифракция		239
§ 1.	Метод Кирхгофа	239
§ 2.	Угловой спектр плоских волн	244
§ 3.	Приближенные методы расчета дифрагированного поля с помощью интеграла Кирхгофа	248
§ 4.	Параболическое уравнение в теории дифракции. Квазиоптическое приближение	254
§ 5.	Линзовые линии	262
§ 6.	Открытые резонаторы	266
§ 7.	Отражение ограниченных волновых пучков	273
Задачи	. . . . .	276
Глава VIII. Излучение волн		280
§ 1.	Тепловое возбуждение звука модулированным излучением	281
§ 2.	Возбуждение звука движущейся областью выделения тепла. Волновой резонанс	284
§ 3.	Движущийся точечный источник	287
§ 4.	Источники вторичных волн, рожденные нелинейностью среды	294
§ 5.	Источники электромагнитного поля	300
§ 6.	Интегральное уравнение для вектора Герца	303

7. Поле электрического диполя в однородной среде	306
8. Излучение электромагнитных волн поверхностными токами и зарядами	308
Задачи	311

Часть вторая. НЕЛИНЕЙНЫЕ ВОЛНЫ

Глава IX. Нелинейные волновые процессы в средах со слабой дисперсией	314
§ 1. Простые волны	315
§ 2. Нелинейные взаимодействия в простых волнах	320
§ 3. Распространение волн, содержащих разрывы	322
§ 4. Нелинейные волны в диссипативной среде	326
§ 5. Нелинейные волны в диспергирующей среде	335
§ 6. Интенсивные волновые пучки	341
Задачи	349

Глава X. Нелинейные эффекты при распространении волн в диспергирующих средах	353
§ 1. Уравнения для нелинейных волн и методы их анализа	355
§ 2. Генерация второй гармоники	362
§ 3. Распадная неустойчивость волн. Параметрическое усиление и генерация	367
§ 4. Взрывная неустойчивость волн в неравновесных средах	372
§ 5. Самовоздействие волн. Нелинейная дисперсия и нелинейное поглощение	374
Задачи	377

Глава XI. Взаимодействие волновых пакетов и пучков	380
§ 1. Уравнения для огибающих волновых пакетов в квадратично- нелинейной среде	381
§ 2. Генерация второй гармоники коротким импульсом при рас- стройке групповых скоростей	384
§ 3. Распадная неустойчивость волновых пакетов	388
§ 4. Связанные трехчастотные солитоны огибающих	393
§ 5. Дифракционные эффекты при возбуждении второй гармоники	396
Задачи	401

Глава XII. Самовоздействие волновых пучков и пакетов	403
§ 1. Нелинейная квазиоптика	404
§ 2. Нелинейная геометрическая оптика	406
§ 3. Дифракция волн в нелинейной среде	413
§ 4. Волноводное распространение пучков	418
§ 5. Самокомпрессия волновых пакетов и солитоны огибающей	424
§ 6. Обращение волнового фронта	427
Задачи	430

Список рекомендуемой литературы	431
---	-----