

БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ АВИАЦИИ
БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ СВЯЗИ

Л.И. Гречихин

ОСНОВЫ РАДИОСВЯЗИ

Монография

*Допущено
к изданию
Викторией Александровной
Колмаковой
ст. автора
с надеждой на дальнейшее
сотрудничество
Л.И. Гречихина
12.2016г.*

Минск
2016

НАВУКОВАЯ БІБЛІЯТЭКА
Беларускага нацыянальнага
тэхнічнага ўніверсітэта
Інв. № **1901164**

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	9
1. СИЛОВОЕ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЗАРЯДОВ	22
1.1. Общее определение заряда, создающего силовое поле.	22
1.2. Энергия разделения реальных электрических зарядов	25
1.3. Взаимодействие неподвижных статических зарядов	30
1.4. Силовое и энергетическое представление электрического поля	32
1.5. Теорема Остроградского-Гаусса применительно к электрическому полю	34
1.6. Энергия электрического поля	37
1.7. Квантование электрического заряда	41
1.8. Природа возникновения реальных электрических зарядов	42
Вопросы для повторения	47
Примеры решения задач	48
Задачи для самостоятельного решения	52
2. МАГНИТНОЕ ПОЛЕ И ЕГО ХАРАКТЕРИСТИКИ	57
2.1. Общее представление взаимодействия комплексных электрических зарядов	57
2.2. Силовое описание магнитного поля	65
2.3. Закон Био-Савара-Лапласа	68
2.4. Магнитное поле прямолинейного тока	68
2.5. Магнитное поле кругового тока	70
2.6. Магнитное поле соленоида	71
2.7. Закон электромагнитной индукции	72
2.8. Явление самоиндукции	76
2.9. Явление взаимной индукции	78
2.10. Индуктивность соленоида	79
2.11. Вихревые токи. Поверхностный эффект	80
2.12. Закон Ампера	81
2.13. Земной магнетизм	83
2.14. Ток проводимости	84

2.15. Вихревой характер магнитного поля	86
2.16. Ток смещения	86
2.17. Вихревое электрическое поле	89
2.18. Основные уравнения макроскопической электродинамики . . .	90
2.19. Энергия магнитного поля	94
2.20. Магнитное давление. МГД-насосы, плазменные ускорители . .	95
2.21. Сторонние источники электромагнитного излучения	96
Вопросы для повторения	98
Примеры решения задач	99
Задачи для самостоятельного решения	102
3. МАТЕРИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ. ГРАНИЧНЫЕ УСЛОВИЯ.	
ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ	105
3.1. Относительная диэлектрическая проницаемость среды	105
3.2. Упругая поляризация разных сред и агрегатных состояний . .	109
3.3. Ориентационная поляризация диэлектриков	112
3.4. Магнитная проницаемость среды	118
3.5. Связь между магнитной проницаемостью и магнитной восприимчивостью	118
3.6. Магнитные свойства изолированного атома	121
3.7. Атом во внешнем магнитном поле	123
3.8. Диамагнетизм и парамагнетизм на атомно-молекулярном уровне	124
3.9. Магнитная энергия атомов	126
3.10. Ферромагнетизм	128
3.11. Антиферромагнетизм, ферриты и магнитодиэлектрики	140
3.12. Резонансные явления	141
3.13. Проводимость разных сред	145
3.14. Зависимость удельного сопротивления от температуры. Сверхпроводимость	148
3.15. Классификация сред	154
3.16. Прямая и обратная задача электродинамики	155
Вопросы для повторения	156
Примеры решения задач	156
Задачи для самостоятельного решения	160

4. МОНОХРОМАТИЧЕСКИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОЛЯ . . .	162
4.1. Уравнение плоской электромагнитной волны	162
4.2. Общие принципы модуляции электромагнитной волны	166
4.3. Закон сохранения энергии для электромагнитных волн (Теорема Умова-Пойнтинга).	166
4.4. Явления при падении электромагнитной волны на плоскую границу раздела двух сред	173
4.5. Влияние диэлектрической среды на перенос электромагнитной энергии проводником	174
4.6. Формулы Френеля	176
4.7. Анализ коэффициентов Френеля	179
4.8. Поверхностный эффект в контакте диэлектрик-проводник.	180
4.9. Гармонический вектор или векторный потенциал	181
4.10. Поляризационные свойства гармонического вектора	183
4.11. Уравнения Максвелла в комплексной форме	184
4.12. Сведение уравнений Максвелла к волновым уравнениям	189
4.13. Анализ основных свойств векторных уравнений	192
4.14. Понятие о волновом процессе	196
Вопросы для повторения	198
Примеры решения задач	198
Задачи для самостоятельного решения	202
 5. ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ИЗЛУЧАТЕЛИ	
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН.	204
5.1. Общий принцип формирования электромагнитных волн	204
5.2. Элементарный электрический вибратор	205
5.3. Элементарный магнитный вибратор	207
5.4. Элементарный щелевой излучатель	208
5.5. Принцип суперпозиции электрических и магнитных полей	209
5.6. Электрические излучатели электромагнитных волн	211
5.7. Поле излучения элементарного электрического вибратора (диполя Герца).	212
5.8. Диаграмма направленности излучения электромагнитных волн электрическим вибратором	218
5.9. Энергетика излучения электрического элементарного вибратора	219

5.10. Формирование электромагнитных волн диполем Герца	221
5.11. Магнитные и поверхностные излучатели	224
5.12. Цилиндрические электромагнитные волны	232
Вопросы для повторения	233
Примеры решения задач	234
Задачи для самостоятельного решения	236
6. ПЛОСКИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ	238
6.1. Переход от сферической к плоской волне	238
6.2. Плоские электромагнитные волны в непроводящей среде	240
6.3. Плоские электромагнитные волны в проводящей среде	243
6.4. Деление проводящих сред на диэлектрики, полупроводники и проводники	246
6.5. Глубина проникновения падающих электромагнитных волн в среду	248
6.6. Поляризация плоских электромагнитных волн	249
6.7. Виды поляризации плоских волн	250
6.8. Параметры поляризации	253
Вопросы для повторения	254
Примеры решения задач	255
Задачи для самостоятельного решения	260
7. ПЛОСКИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ В АНИЗОТРОПНЫХ И НЕОДНОРОДНЫХ СРЕДАХ	261
7.1. Материальные уравнения для анизотропных сред	262
7.2. Строение ферритов	263
7.3. Формирование молекул оксидов металлов	265
7.4. Образование молекул Fe_2O_3	269
7.5. Кластеры сложных молекул	270
7.6. Межкластерное взаимодействие	271
7.7. Электрическая проницаемость ферритов	272
7.8. Распространение электромагнитных волн в намагниченных ферритах	275
7.9. Эффект Фарадея в ферритах	281
7.10. Практическое применение ферритов в радиотехнике	282

Вопросы для повторения	284
Примеры решения задач	284
Задачи для самостоятельного решения	289
8. НАПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ И НАПРАВЛЯЕМЫЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ	291
8.1. Направляющие системы	291
8.2. Классификация направляемых волн	293
8.3. Критическая длина волны	294
8.4. Основная волна волноводов	297
8.5. Длина волны в волноводе	298
8.6. Мощность, переносимая электромагнитной волной по линии передачи	299
8.7. Двухпроводная линия передачи электромагнитных волн (Система Лехера)	300
8.8. Распространение электромагнитных волн в полом прямоугольном волноводе	304
8.9. Распространение электромагнитных волн по круглому волноводу	311
8.10. Распространение электромагнитных волн в коаксиальных волноводах	321
8.11. Распространение электромагнитных волн в полосковых волноводах	327
8.12. Распространение электромагнитных волн в диэлектрических волноводах. Замедляющие системы	330
Вопросы для повторения	335
Примеры решения задач	335
Задачи для самостоятельного решения	339
9. РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН В РАЗНЫХ СРЕДАХ	341
9.1. Общие принципы осуществления радиосвязи	341
9.2. Строение ионосферы	344
9.3. Плазма и ее макроскопические свойства	344
9.4. Электростатические колебания плазмы	346
9.5. Поглощение и рассеяние электромагнитных волн в плазме . .	347
9.6. Плазма во внешнем магнитном поле	351

9.7. Влияние земной поверхности на распространение радиоволн .	353
9.8. Влияние неровностей земной поверхности	354
9.9. Дифракция радиоволн на разных препятствиях	355
9.10. Влияние земной поверхности на радиосвязь	358
9.11. Влияние кривизны поверхности Земли на дальность радиосвязи	360
9.12. Рефракция радиоволн в тропосфере	361
Вопросы для повторения	365
Примеры решения задач	366
Задачи для самостоятельного решения	372
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	374
РЕКОМЕНДУЕМЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	376
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА	377