

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

В. С. Малышевский

**ЭЛЕКТРОДИНАМИКА
БЫСТРЫХ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ
В ВЕЩЕСТВЕ**

Монография

Ростов-на-Дону – Таганрог
Издательство Южного федерального университета
2020

УДК 539.1.03
ББК 22.313
М20

*Печатается по решению Комитета по естественно-научному
и математическому направлению при Ученом совете ЮФУ
(протокол № 4 от 3 июня 2020 г.)*

Рецензенты:

заведующий кафедрой теоретической и экспериментальной физики
Кабардино-Балкарского государственного университета
им. Х. М. Бербекова, профессор *М. Х. Хоконов*;
заведующий международной научно-образовательной лабораторией
радиационной физики Белгородского государственного
национального исследовательского университета (НИУ «БелГУ»),
доктор физико-математических наук *А. С. Кубанкин*

Малышевский, В. С.

М20 Электродинамика быстрых заряженных частиц в веще-
стве : монография / В. С. Малышевский ; Южный федеральный
университет. – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Юж-
ного федерального университета, 2020. – 178 с.

ISBN 978-5-9275-3545-3

DOI: 10.18522/801274065

Представлены оригинальные результаты исследований поляризацион-
ных и радиационных потерь энергии быстрыми многозарядными ионами в ве-
ществе. Обсуждаются корреляционные эффекты в черенковском и переходном
излучении, вызванные процессами обмена зарядом между ионом и средой, в ко-
торой движется ион. Изложены вопросы статистической теории каналирова-
ния многозарядных ионов, а также поляризационные и динамические эффекты
в рассеянии ускоренных частиц кристаллическими поверхностями.

Для специалистов, занимающихся вопросами взаимодействия заряжен-
ных частиц и излучения с веществом и внешними полями, а также применением
излучения в физических исследованиях. Может быть использована студентами
физических специальностей.

ISBN 978-5-9275-3545-3

УДК 539.1.03

ББК 22.313

© Южный федеральный университет, 2020

© Малышевский В. С., 2020

© Оформление. Макет. Издательство

Южного федерального университета, 2020

Оглавление

ПРЕДИСЛОВИЕ	5
Глава 1. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ МАКРОСКОПИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ	9
1.1. Основные уравнения	9
1.2. Возбуждение продольных и поперечных волн в среде	12
Глава 2. ПОЛЯРИЗАЦИОННЫЕ ПОТЕРИ ЭНЕРГИИ	16
2.1. Диэлектрический формализм	16
2.2. Поляризационные потери в плазменном пределе	17
2.3. Корреляционные эффекты в тормозной способности ионов	22
2.4. Равновесный и эффективный корреляционный заряд	27
2.5. Кильватерный потенциал	29
Глава 3. РАДИАЦИОННЫЕ ПОТЕРИ ЭНЕРГИИ	34
3.1. Зона формирования излучения	34
3.2. Тормозное излучение	41
3.3. Излучение при каналировании в кристаллах	46
3.4. Черенковское излучение	57
3.5. Переходное и черенковское излучение в среде конечных размеров	60
3.6. Рентгеновское черенковское излучение	70
Глава 4. РАДИАЦИОННЫЕ ПОТЕРИ ЭНЕРГИИ МНОГОЗАРЯДНЫМИ ИОНАМИ	75
4.1. Черенковское излучение многозарядных ионов вблизи порога	75
4.2. Корреляционные эффекты в черенковском излучении	79
4.3. Переходное излучение многозарядных ионов	84
4.4. Переходное излучение многозарядных ионов на границе раздела двух сред	86

4.5. Переходное излучение многозарядных ионов в конечной среде.....	92
4.6. Детектор зарядовых состояний многозарядных ионов.....	97
4.7. Можно ли измерить излучение стартующего заряда?.....	102
4.8. Электромагнитное излучение ядерно- электромагнитного каскада.....	107
Глава 5. КАНАЛИРОВАНИЕ МНОГОЗАРЯДНЫХ ИОНОВ.....	118
5.1. Эффекты «охлаждения» и «нагрева» пучка многозарядных ионов.....	118
5.2. Статистическая теория каналирования многозарядных ионов.....	130
Глава 6. РАССЕЯНИЕ НЕЙТРАЛЬНЫХ АТОМОВ ПОВЕРХНОСТЬЮ КРИСТАЛЛА	142
6.1. Радужное рассеяние	143
6.2. Поляризационные эффекты	147
6.3. Динамические эффекты	159
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	166
П1. Нормальная компонента напряженности поля на границе раздела	166
П2. Нормальная компонента напряженности поля для двух границ	168
П3. Расчет эффективного корреляционного заряда.....	173
П4. Асимптотическое разложение кильватерного потенциала.....	177
П5. Кильватерный потенциал равномерно и прямолинейно движущегося заряда	179
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	180