

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

**И. В. МАЛЫШЕВ**

**Н. В. ПАРШИНА**

**ВЛИЯНИЕ ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ  
НА КВАНТОВО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ  
В МАТЕРИАЛАХ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ**

*Учебное пособие*

Ростов-на-Дону – Таганрог  
Издательство Южного федерального университета  
2022

УДК 630.145:621.37/39(075.8)

ББК 2.314я73

M207

*Печатается по решению кафедры радиотехнической электроники и нанoeлектроники Института нанотехнологий, электроники и приборостроения Южного федерального университета (протокол № 10 от 10 июня 2022 г.)*

**Рецензенты:**

кандидат технических наук, начальник НТЦ АО «Калугаприбор»

*И. В. Бессонов*

кандидат физико-математических наук, заведующий кафедрой физики

Института нанотехнологий, электроники и приборостроения

Южного федерального университета *А. Б. Колтачев*

**Малышев, И. В.**

M207 Влияние внешних воздействий на квантово-механические процессы в материалах радиоэлектроники : учебное пособие / И. В. Малышев, Н. В. Паршина ; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2022. – 171 с.

ISBN 978-5-9275-4259-8

Настоящее учебное пособие представляет собой вторую часть рабочего материала, входящего в состав программы курса «Квантовая механика и статистическая физика», изучаемых в бакалаврских направлениях подготовки 11.00.00 «Электроника, радиотехника и системы связи». В пособии изложены разделы квантовой механики, посвященные внешним воздействиям температуры и магнитных полей, а также образованию поверхностных и объёмных дефектов и их учёту в рассмотрении изменений энергетических состояний, которые влияют на свойства некоторых материалов радиоэлектроники. Подробно рассмотрены теория сверхпроводимости металлов, образование и взаимодействие ряда квазичастиц: поверхностных поляритонов, спиновых волн, плазмонов и магнонов при указанных внешних воздействиях. В учебном пособии также имеются контрольные вопросы для проверки уровня освоения материала.

Пособие предназначено для курсов, изучаемых в бакалаврских направлениях подготовки 11.00.00 «Электроника, радиотехника и системы связи», но может быть использовано и для обучающихся на других направлениях.

УДК 630.145:621.37/39(075.8)

ББК 2.314я73

ISBN 978-5-9275-4259-8

© Южный федеральный университет, 2022

© Малышев И. В., Паршина Н. В., 2022

© Оформление. Макет. Издательство

Южного федерального университета, 2022

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	5
1. ПОВЕДЕНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО ГАЗА В УСЛОВИЯХ СЛАБЫХ И СИЛЬНЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ .....	6
1.1. Поведение электронного газа в слабых магнитных полях .....	6
1.2. Магнитные свойства электронного газа в условиях воздей- ствия сильных полей .....	13
1.3. Понятия о квантовой ферми-жидкости и её элементарных электронных возбуждениях в металлах .....	18
1.4. Экситоны связанных состояний (Ванье-Мотта) .....	30
2. МАГНИТОУПОРЯДОЧЕННЫЕ СОСТОЯНИЯ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ СТРУКТУР. МАГНОНЫ .....	38
2.1. Типы состояний магнитоупорядоченных твердотельных струк- тур .....	38
2.2. Магнитно-фазовые превращения. Молекулярное поле Вейсса	41
2.3. Спиновые гамильтонианы магнитоупорядоченных систем ...	50
2.4. Спиновые волны и магноны в ферромагнетиках .....	54
2.5. Эффекты взаимодействия магнонов, теплоемкость магнон- ного газа и статистические свойства .....	62
2.6. Поведение магнонов и спиновых волн в антиферромагнит- ных материалах .....	65
3. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОНОВ И ФОНОНОВ В ОБЪЕМАХ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ РЕШЁТОК .....	69
3.1. Применение в ковалентных кристаллах метода потенциала деформации .....	70
3.2. Взаимодействие электронов и фононов в объёмах ионных кристаллов .....	77
3.3. Квантово-механическое представление сверхпроводимости	87
4. СПЕКТРАЛЬНАЯ ТЕОРИЯ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ВОЗБУЖДЕНИЙ С УЧЕТОМ ДЕФЕКТОВ СТРУКТУРЫ КРИСТАЛЛОВ .....	104
4.1. Классификация дефектов .....	104

*Содержание*

---

4.2. Участие точечных дефектов в изменениях спектральных компонент элементарных возбуждений кристаллической структуры	121
4.3. Понятия о поверхностных элементарных энергетических квазичастицах. Плазмоны, фононы и магноны .....	139
4.4. Поверхностные поляритоны .....	154
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ .....	165
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	168
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	169