

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
АСТРАХАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. В.Н. ТАТИЩЕВА

Д.Ю. Матвеев

PHYSICS OF THE SOLID STATE

ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА

Учебное пособие

для студентов, обучающихся по направлениям бакалавриата:

- 03.03.02 «Физика» (профили «Физика конденсированного состояния»,
«Инженерная физика»),
11.03.04 «Электроника и наноэлектроника» (профиль «Инжиниринг
аналоговых и цифровых сложно функциональных систем»);

для студентов, обучающихся по направлениям магистратуры:

- 03.04.02 «Физика» (программа «Физика конденсированного состояния
вещества»),
11.04.04 «Электроника и наноэлектроника»



Астрахань – 2022

УДК 3(075.8)
ББК 22.37 я73
М12

*Рекомендовано к печати кафедрой общей физики
факультета физики, математики и инженерных технологий
Астраханского государственного университета им. В.Н. Татищева*

Рецензенты:

директор Института исследований и решения технологических задач,
доцент кафедры электротехники, электроники и автоматики
Астраханского государственного университета,
кандидат физико-математических наук *А.В. Рыбаков*;
профессор Астраханского государственного технического университета,
доктор технических наук, профессор *Т.В. Хоменко*;
заведующий кафедрой физики
Астраханского государственного технического университета,
доктор технических наук, профессор *Н.В. Селиванов*

Матвеев Д. Ю. Physics of the solid state = Физика твердого тела : учебное пособие. – 2-е изд., дополненное / Д. Ю. Матвеев. – Астрахань : Издатель : Сорокин Роман Васильевич, 2022. – 138 с.

ISBN 978-5-00201-055-4

Рассматривается электронная структура твердых тел, элементы кристаллографии и статистической физики, а также описывается методика измерения свойств твердых тел. После каждой главы приведен пример решения задач, список задач для самостоятельного решения и контрольные вопросы.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлениям: 03.03.02 «Физика» (профиль «Физика конденсированного состояния»), 03.04.02 «Физика» (программа «Физика конденсированного состояния вещества»), 11.03.04, 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника».

На обложке использовано фото Д.Ю. Матвеева со сканирующего зондового микроскопа Solver компании NT-MDT (метод АСМ)

© Издатель : Сорокин Роман Васильевич, 2022
© Д.Ю. Матвеев, фото из личного архива (обложка), 2022
© Ю. А. Яценко, оформление обложки, 2022

CONTENTS

PREFACE	5
INTRODUCTION	6
CHAPTER 1. STRUCTURE OF SOLID STATE.	
CRYSTALLOGRAPHY ELEMENTS	7
Lecture № 1. Van der Waals forces and their classification	7
Lecture № 2. Ionic, covalent and metallic bonds in solid states	9
Lecture № 3. Crystal cell. Bravais lattices and with basis. Designation sites, lines and planes in crystals (Miller indices).....	16
Lecture № 4. The bodies classification on the crystallographic structures. The Wigner-Seitz cell. Reciprocal lattice	20
Lecture № 5. Crystal lattice defects. Frenkel and Schottky defects.....	31
Tasks for self-solving after Chapter 1.....	34
Answer the questions after Chapter 1	35
CHAPTER 2. THE ELECTRONIC STRUCTURE OF CRYSTALS.	
ELEMENTS OF THE ELECTRONIC BAND STRUCTURE	36
Lecture № 6. Strong and weak coupling approximation	36
Lecture № 7. Crystal periodicity. Bloch function. Born-von Karman boundary condition. Brillouin zones	40
Lecture № 8. The effective mass of electrons in crystals and its mechanical analogy	44
Lecture № 9. Energy level splitting of an isolated atom in zones during crystal formation	46
Tasks for self-solving after Chapter 2.....	51
Answer the questions after Chapter 2	53
CHAPTER 3. ELEMENTS OF PHYSICAL STATISTICS	54
Lecture № 10. The phase space. Density of states	54
Lecture № 11. Distribution function of the Maxwell-Boltzmann and Fermi-Dirac for fermions and bosons	58
Tasks for self-solving after Chapter 3.....	65
Answer the questions after Chapter 3	66

CHAPTER 4. ELECTRICAL AND THERMAL PROPERTIES OF SOLID BODIES	67
Lecture № 12. Normal lattice oscillations (vibrations) and their spectrum	67
Lecture № 13. Phonons and heat capacity of solids	70
Lecture № 14. Lattice heat conductivity of dielectrics. Thermal expansion.....	75
Lecture № 15. Heat capacity and thermal conductivity of metals	81
Lecture № 16. The electrical conductivity of metals.....	85
Lecture № 17. Wiedemann-Franz law	89
Lecture № 18. Superconductivity. Bardin-Cooper-Schrieffer's theory	94
Tasks for self-solving after Chapter 4.....	99
Answer the questions after Chapter 4.....	100
CHAPTER 5. METHODS OF MEASURING PROPERTIES.....	102
Lecture № 19. Crystallography: particle size determination, surface structure	102
Lecture № 20. Microscopy: transmission electron microscopy, scanning microscopy	111
Lecture № 21. Spectroscopy: infrared and Raman spectroscopy, photoemission and X-ray spectroscopy, magnetic resonance	123
Tasks for self-solving after Chapter 5.....	133
Answer the questions after Chapter 5	134
FURTHER READING	136

Даниил Юрьевич Матвеев

PHYSICS OF THE SOLID STATE

ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА

Учебное пособие

для студентов, обучающихся по направлениям бакалавриата:

03.03.02 «Физика» (профили «Физика конденсированного состояния»,
«Инженерная физика»),

11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника» (профиль «Инжиниринг
аналоговых и цифровых сложно функциональных систем»);

для студентов, обучающихся по направлениям магистратуры:

03.04.02 «Физика» (программа «Физика конденсированного состояния
вещества»),

11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника»

Издатель: Сорокин Роман Васильевич
414040, Астрахань, пл. К. Маркса, 33, 1-й этаж

Подписано в печать 14.07.2022 г. Формат 60×90/16
Гарнитура Times New Roman. Усл. печ. л. 8,63
Тираж 100 экз.

Отпечатано в Астраханской цифровой типографии
(ИП Сорокин Роман Васильевич)
414040, Астрахань, пл. К. Маркса, 33, 1-й этаж
Тел./факс (8512) 54-00-11, e-mail: RomanSorokin@list.ru