

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

**РЕНТГЕНОСПЕКТРАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ
ИССЛЕДОВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ
СИНХРОТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ**

Учебное пособие

Ростов-на-Дону – Таганрог
Издательство Южного федерального университета
2019

УДК 535.37(075.8)
ББК 22.344я73
Я 51

*Печатается по решению кафедры физики наносистем
и спектроскопии физического факультета
Южного федерального университета
(протокол № 18 от 2 апреля 2019 г.)*

Рецензенты:

доктор физико-математических наук,
главный научный сотрудник Южного научного центра
Российской академии наук *Ю. Ф. Мигаль*;
кандидат физико-математических наук,
ведущий научный сотрудник НИИ физики
Южного федерального университета *В. Г. Власенко*

Авторский коллектив:

Г. Э. Яловега, М. И. Мазурицкий, А. Т. Козаков, В. А. Шматко,
М. А. Кременная

**Рентгеноспектральные методы исследования матери-
Я 51 алов на основе синхротронного излучения : учебное посо-
бие / Г. Э. Яловега [и др.] ; Южный федеральный университет. –
Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерально-
го университета, 2019. – 146 с.**

ISBN 978-5-9275-3202-5

Учебное пособие содержит изложение материала, входящего в учебную программу курсов «Специальный физический практикум», «Физика рентгеновских лучей», «Синхротронное излучение в исследовании материалов», изучаемых студентами специальностей «Физика конденсированного состояния», «Физика», «Физика, химия и технология функциональных материалов» физического факультета и НИИ физики Южного федерального университета. Содержит контрольные вопросы и проектные задания.

Предназначено для студентов, которые обучаются по программам бакалавриата и магистратуры в области физики конденсированного состояния, материаловедения, нанотехнологий. Создано при поддержке Южного федерального университета (ВнГр-07/2017-30).

УДК 535.37(075.8)

ББК 22.344я73

ISBN 978-5-9275-3202-5

© Южный федеральный университет, 2019
© Оформление. Макет. Издательство
Южного федерального университета, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
-----------------------	----------

Глава 1. ИСТОЧНИКИ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ, МОНОХРОМАТОРЫ, ДЕТЕКТОРЫ	8
--	----------

1.1. Источники рентгеновского излучения	8
1.1.1. Рентгеновские трубки	8
1.1.2. Ускорители заряженных частиц	12
1.1.3. Циклические ускорители электронов – синхротроны	13
1.1.4. Основные свойства и характеристики синхротронного излучения	18
1.1.5. Линейные ускорители электронов – рентгеновские лазеры на свободных электронах	29
1.2. Кристаллы-монокроматоры	31
1.2.1. Дифракция рентгеновского излучения на монокристаллах	31
1.2.2. Спектральное разрешение	37
1.2.3. Апертура плоского кристалла	38
1.2.4. Фокусирующие методы с цилиндрическим изгибом кристалла	40
1.3. Детекторы ионизирующего излучения	43
1.3.1. Ионизационные детекторы	44
1.3.2. Ионизационная камера	44
1.3.3. Пропорциональные камеры	46
1.3.4. Счетчики Гейгера–Мюллера	47
1.3.5. Сцинтилляционные детекторы	48
1.3.6. Полупроводниковые детекторы	51

1.3.7. Позиционно-чувствительные детекторы излучения	53
1.3.8. Микроканальные пластины.....	56
1.3.9. Энергетическое разрешение спектрометра	58
Контрольные вопросы к главе 1	60
Проектные задания к главе 1	62

Глава 2. РЕНТГЕНОСПЕКТРАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ..... 63

2.1. Метод рентгеновской флуоресцентной спектроскопии.....	65
2.1.1. Физические принципы.....	65
2.1.2. Аппаратная реализация.....	67
2.1.3. Примеры решения научных задач методом рентгенофлуоресцентного анализа с использованием синхротронного излучения	74
2.2. Спектроскопия рентгеновского поглощения.....	76
2.2.1. Физические принципы.....	77
2.2.2. Аппаратная реализация.....	87
2.2.3. Примеры решения научных задач методом рентгеновской спектроскопии поглощения с использованием синхротронного излучения	93
2.3. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия	101
2.3.1. Физические принципы.....	102
2.3.2. Аппаратная реализация.....	105
2.3.3. Примеры решения научных задач методом рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии с использованием синхротронного излучения.....	130
Контрольные вопросы к главе 2.....	137
Проектные задания к главе 2.....	139

Литература 140