

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ИНГУШСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

КАФЕДРА ФИЗИКА

СОГЛАСОВАНО

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель образовательной программы

Декан физико-математического факультета

_____/ Нальгиева М. А.
от « 21 » 05 2024г.

_____/ Кульбужев Б. С.
от « 21 » 05 2024г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
по дисциплине «Методы исследования твердых тел»
(индекс дисциплины по учебному плану, наименование дисциплины (модуля))

Направление подготовки –
03.03.02 Физика
(код, наименование)

Направленность: **Физика**

Квалификация выпускника – *бакалавр физики*

Форма обучения очная

Магас, 2024

Фонд оценочных средств по дисциплине «Методы исследования твердых тел» включает все виды оценочных средств, позволяющих проконтролировать освоение обучающимися профессиональных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций, предусмотренных Федеральным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 03.03.02_ Физика (квалификация «Бакалавр») и рабочей программой дисциплины «Методы исследования твердых тел».

Назначение фонда оценочных средств

Фонд оценочных средств (ФОС) составляется в соответствии с требованиями ФГОС ВО для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Методы исследования твердых тел» на соответствие их учебных достижений поэтапным требованиям соответствующей основной профессиональной образовательной программы (ОПОП). ФОС является составной частью рабочей программы дисциплины.

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Методы исследования твердых тел» включает в себя: перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения ОПОП; описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания; типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения ОПОП; методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Фонд оценочных средств сформирован на основе ключевых принципов оценивания:

- валидности: объекты оценки должны соответствовать поставленным целям обучения;
- надежности: использование единообразных стандартов и критериев для оценивания достижений;
- объективности: разные студенты должны иметь равные возможности добиться успеха.

Основными параметрами и свойствами ФОС являются:

- предметная направленность (соответствие предмету изучения конкретной учебной дисциплины);
- содержание (состав и взаимосвязь структурных единиц, образующих содержание теоретической и практической составляющих учебной дисциплины);
- объем (количественный состав оценочных средств, входящих в ФОС);
- качество оценочных средств и ФОС в целом, обеспечивающее получение объективных и достоверных результатов при проведении контроля с различными целями.

1. Цели освоения дисциплины

Все реальные кристаллы содержат разнообразные дефекты структуры, которые в значительной степени будут определять их физические свойства. Дефекты кристаллического строения играют большую роль в образовании и росте кристаллов, многие типы несовершенств возникают в кристаллах в процессе их роста, в результате термической обработки, деформации, облучения. Именно поэтому в последнее время методам исследования реального строения кристаллов, изучению природы дефектов, характеру их распределения и установлению связи между реальным строением и физическими свойствами кристаллов уделяется большое внимание. Несомненно, что специалисты, работающие в области физики твердого тела, должны хорошо разбираться в вопросах реального строения кристаллов и владеть современными методами исследования дефектов.

1.1 Учебные задачи курса

Задача данного курса состоит в приобретении студентами знаний по вопросам теории несовершенств в кристаллах, пониманию их роли в физических процессах, происходящих в кристаллах при различных физических воздействиях. Студенты должны понимать влияние дефектов на физические свойства кристаллов. Задачей курса является знание современных методов исследования структуры в кристаллах, теоретических положений, на которых

базируются эти методы исследования.

В результате изучения данного курса и выполнения лабораторного практикума, студенты должны уметь сопоставлять различные методы исследования, их возможности, область применения, особенности и т.д., должны освоить соответствующую аппаратуру, приобрести экспериментальные навыки работы.

В соответствии с требованиями к специалистам данной специальности, студент - выпускник должен быстро освоиться как специалист в области кристаллографии реальной структуры кристаллов, быть способным внедрять в производство новые методы исследования, участвовать в организации и создании лабораторий такого профиля. После изучения курса студенты должны знать:

1. основные типы дефектов в кристаллах и их свойства.
2. описание идеальной и реальной структуры твердых тел.
3. Методы исследования структуры твердых тел.

Разделы фонда оценочных средств

1. Перечень компетенций, которыми должны овладеть обучающиеся в результате освоения дисциплины
2. Образовательные технологии
3. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины «Методы исследования твердых тел»
4. Описание шкалы и критериев оценивания для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине в форме экзамена
5. Вопросы для подготовки к промежуточному контролю
6. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

1. Перечень компетенций, которыми должны овладеть обучающиеся в результате освоения дисциплины

Результатом изучения дисциплины методы исследования твердых тел является освоение выпускником следующих компетенций: УК-1, ОПК-1, ПК-1, ПК-2, П-3, ПК-4

2. Показатели и критерии оценивания компетенций.

Для оценки результатов освоения программы методы исследования твердых тел выделены следующие компетенции:

	Код компетенции	Показатели	Элемент оценочного средства	Уровни сформированности компетенций			
				Не сформулирована (0 балла)	Пороговый уровень (3 балла)	Базовый уровень (4 балла)	Продвинутый уровень (5 баллов)
1.	УК-1 Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерирование новых идей при решении исследовательских и практических задач.	Знать: методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач. Уметь: анализировать	экзамен	Навыки, умения, знания отсутствуют или нуждаются в существенном развитии	Навыки, умения, знания соответствуют минимальным требованиям, но их проявление не систематическое	Навыки, умения, знания соответствуют основным требованиям, но требуются	Навыки, умения, знания достаточно развиты. Самостоятельное и качественное решение поставленных задач

	новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач. Владеть: навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе и междисциплинарных областях			и требует дальнейшего развития	требует контроля за их развитием. Необходимо указать на ошибки, способствовать их устранению.	различных условиях. Творческий подход к поставленной задаче.
--	---	--	--	--	--------------------------------	---	--

Общепрофессиональные компетенции

2.	ОПК-2 - Способен проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные	Знать: Физические принципы работы электронного микроскопа. Основы вакуумной техники. Методы подготовки объектов для электронно-микроскопического анализа Уметь: Проводить металлографический анализ металлов и сплавов. Проводить измерения микротвердости. Проводить пробоподготовку объектов для электронно-микроскопического анализа. Работать с вакуумными установками	Экзам ен	Навыки , умения, знания отсутст вуют или нуждаю тся в сущест венном развити и	Навыки, умения, знания соответст вуют минималь ным требовани ям, но их проявлен ие не системати ческое и требует дальнейш его развития	Навыки, умения, знания соответств уют основным требования м, но требуется контроль за их развитием. Необходим ы указания на ошибки, способен самостояте льно их устранить.	Навыки, умения, знания достаточно высоко развиты. Самостояте льное и качественн ое решение поставленн ых задач в различных условиях. Творчески й подход к поставленн ой задаче.
----	---	---	-------------	---	--	--	--

		ВУП-4 и ВУП- Работать с электронным микроскопом ЭМ-125 Владеть: Методиками подготовки объектов для металлографиче ского и электронно- микроскопическ ого анализа. Владеть инструментальн ыми методами исследования структуры металлов и сплавов.					
Профессиональные компетенции							
3.	ПК-2 Подготов лен к проведен ию эксперим ентальны х измерени й и наблюден ий, составлен ию описания результат ов проводим ых исследова ний в области компьюте рной физики.	Знать: сущность и значение изучаемой дисциплины; объект, предмет, основные функции, методы, категории; современные теории воспитания и обучения; сущность модернизации российской системы образования. Уметь: осуществлять теоретическое моделирование физических процессов и явлений; выявлять и анализировать качественные и количественные характеристики физических	Экзам ен	Навыки , умения, знания отсутст вуют или нуждаю тся в сущест венном развити и	Навыки, умения, знания соответст вуют минималь ным требовани ям, но их проявлен ие не системати ческое и требует дальнейш его развития	Навыки, умения, знания соответств уют основным требования м, но требуется контроль за их развитием. Необходим ы указания на ошибки, способен самостояте льно их устранить.	Навыки, умения, знания достаточно высоко развиты. Самостоят ельное и качественн ое решение поставленн ых задач в различных условиях. Творчески й подход к поставленн ой задаче

		объектов; Владеть: технологиями проектирования и организации образовательной среды; технологией решения физических задач и анализа ситуаций;					
--	--	---	--	--	--	--	--

2. Образовательные технологии

При реализации программы дисциплины «Методы исследования твердых тел» используются различные образовательные технологии:

- при чтении лекций используется мультимедийные технологии и различные наглядные приборы;
- практические занятия проводятся с использованием наглядных приборов, компьютерных классов (компьютерное моделирование);
- самостоятельная работа студентов предусматривает работу под руководством преподавателей в виде консультаций, а также предполагает использование фондов научно-технической библиотеки, современных информационных технологий с привлечением компьютера как средства управления информацией.

Широко используются в учебном процессе активные и интерактивные формы проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся. В рамках учебного курса предусмотрены мастер-классы экспертов и специалистов

3. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины «Методы исследования твердых тел»

По дисциплине «Методы исследования твердых тел» проводятся два вида занятий: лекции, практические занятия. На лекциях излагается в основном теоретический материал, на практических занятиях кратко разбирается теория и решаются задачи.

На лекциях следует записывать основные утверждения и формулы, пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины, а все рассуждения и пояснения лектора нужно внимательно слушать и постараться запомнить. Конспект лекций следует дополнить в соответствии с «Вопросами к экзамену» самостоятельно, пользуясь учебным пособием.

Вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии. Усвоению большого количества явлений и описывающих их величин и законов способствует одинаковый подход к их рассмотрению.

На **практических занятиях** студенты под руководством преподавателя решают задачи по наиболее важным темам курса. Для выполнения учебного плана студент самостоятельно должен решить определенное количество типовых задач в соответствии со своим вариантом домашнего задания. Для самостоятельного решения задач прежде, чем приступить к решению задач, нужно изучить (повторить) теоретический материал по теме задачи, разобрать примеры решения задач на эту тему. Практические занятия ориентированы на изучение наиболее важных физических явлений, приобретение элементарных навыков экспериментирования, овладение техникой измерений и грамотную обработку результатов измерений.

4. Описание шкалы и критериев оценивания для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине в форме экзамена

Код показателя оценивания	Оценка			
	«2» (неудовлетв.)	Пороговый уровень освоения	Углубленный уровень освоения	Продвинутый уровень освоения
31-33 У1-У5 Н1-Н3	Обучающийся не знает основные физические явления и основные законы физики; границы их применимости, применение законов в важнейших практических приложениях, допускает существенные ошибки	«3» (удовлетв.)	«4» (хорошо)	«5» (отлично)
		Теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера. Обучающийся допускает неточности, недостаточно правильные формулировки основных физических явлений и основных законов физики, наблюдаются нарушения логической последовательности в изложении границы их применимости, применение законов в важнейших практических приложениях	Обучающийся знает основные физические явления и основные законы физики; границы их применимости, применение законов в важнейших практических приложениях, но допускает несущественные неточности в ответе на вопрос.	Теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов; исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно излагает основные физические явления и основные законы физики; границы их применимости, применение законов в важнейших практических приложениях, не затрудняется с ответом при видоизменении заданий.

Темы рефератов

1. Компьютеризация измерительной аппаратуры.
2. Технология обработки экспериментальных данных средствами электронных таблиц.
3. Современные программные продукты в химии.
4. Анимация экспериментальных и рассчитанных закономерностей.
5. Физико-химическая диагностика наночастиц. Принципы морфологической характеристики наночастиц.
6. Методы исследования низкоразмерных частиц и наноматериалов.
7. Изучения фазового состава наноразмерных структур с использованием электрохимических методов анализа.
8. Дифракционные методы исследования реальной структуры материалов.
9. Анализ и интерпретация ИК и КР спектров.

10. Рентгеноспектральный микроанализ.
11. Анализ поверхности и поверхностных слоев твердых тел.
12. Ядерный квадрупольный резонанс.
13. Масс-спектрометрия вторичных ионов для изучения и локального элементного анализа состава поверхности твердого тела.
14. Микроволновая спектроскопия.
15. Особенности взаимодействия рентгеновских лучей с веществом.
16. Кинематическая теория контраста.
17. Методы записи, расшифровки и оценки термограмм.
18. Эффект Холла и его измерение.

5. Вопросы для подготовки к промежуточному контролю

1. Точечные дефекты: простые и их комплексы. Точечные дефекты в термодинамическом равновесии. Энергия образования точечных дефектов и их равновесная концентрация. Энергия образования точечных дефектов и их равновесная концентрация. Способы создания неравновесного состояния точечных дефектов.
2. Предпосылки появления теории дислокаций. Экспериментальное наблюдение дислокаций.
3. Линейные дефекты – дислокации.
4. Контур и вектор Бюргерса. Описание краевой и винтовой дислокаций с использованием вектора Бюргерса.
5. Консервативное движение (скольжение) дислокаций. Определение поверхности скольжения. Призматическая дислокаций. Связь скольжения с пластической деформацией. Наиболее важные системы скольжения в ГЦК кристаллах.
6. Переползание дислокаций. Механизм образования призматических дислокационных петель и геликоидальных дислокаций.
7. Особенности дислокаций в ионных кристаллах.
8. Тетраэдр Томпсона. Его применение для описания дислокаций и дислокационных реакций.
9. Упругие свойства дислокаций. Поле напряжений и упругая энергия краевой дислокации.
10. Поле напряжений и упругая энергия винтовой дислокации.
11. Упругая энергия смешанной дислокации. Правило Франка.
12. Сила, действующая на дислокацию. Линейное натяжение дислокаций.
13. Взаимодействие взаимно параллельных краевых дислокаций. Образование малоугловых дислокационных границ.
14. Взаимодействие параллельных и взаимно перпендикулярных винтовых дислокаций.
15. Малоугловые (мозаичные) дислокационные границы. Модель Бюргерса. Определение угла разориентации блоков мозаики. Роль мозаичности образца в образовании точечных электронограмм.
16. Взаимодействие дислокаций со свободной поверхностью.
17. Размножение дислокаций. Источник Франка-Рида.
18. Образование дислокаций.
19. Метод избирательного травления для изучения дислокационной структуры кристаллов.
20. Ход лучей в электронном микроскопе и электронографе. Возможности этих приборов для структурных исследований. Микродифракция, ее применение.
21. Дифракционные методы исследования кристаллов. Особенности дифракции электронов в кристаллах по сравнению с рентгеновским методом.
22. Типы электронограмм. Точечные электронограммы. Симметрия точечных электронограмм, их расшифровка, применение.
23. Метод Дебая в рентгенографии.
24. Электронограмма от поликристалла, расшифровка и применение.
25. Метод Лауэ в рентгенографии.
26. Получение электронограмм от текстурированного образца и их индиферирование.

27. Дифракция на кристаллах и обратная решетка.
28. Структурная амплитуда, структурный фактор. Интегральный закон погасания для простейших структур.
29. Учет размеров и внешней формы кристалла (при рассмотрении дифракционных явлений в кристалле).
30. Основная формула электронографии, ее применение.
31. Метод реплик в электронной микроскопии, его применение.
32. Длина волны электронов. Определение длины волны по электронограмме. Разрешающая способность электронно-микроскопического метода исследования.
33. Электронограммы с Кикучи-линиями, их применение.
34. Метод дифракционного контраста в электронной микроскопии. Изображение совершенного кристалла.
35. Классификация прямых методов исследования в электронной микроскопии, их применение и возможности.
36. Наблюдение и исследование дислокаций в электронной микроскопии (метод дифракционного контраста).
37. Наблюдение дефектов упаковки в электронной микроскопии (метод дифракционного контраста).
38. Метод двухкристального спектрометра. Анализ профиля интегральной интенсивности для оценки размеров кристаллов.
39. Интенсивности дифракционных максимумов. Множители интенсивности.
40. Условия видимости дефектов кристаллического строения в методе Метод дифракционного контраста в электронной микроскопии в методе дифракционного контраста (Э.М.).
41. Дифракция по Вульфу-Брэггу. Вывод формулы Вульфа-Брэгга из интерпретации дифракции с применением обратной решетки.
42. Пластические и хрупкие материалы.
43. Частичные и полные дислокации.
44. Какие частичные дислокации могут быть в плотноупакованных структурах.
45. Дефекты упаковки вычитания, сложения, двойниковые границы.
46. Малоугловые дифракционные границы.
47. Дислокации несоответствия.
48. Закон погасания для простейших структур кубической системы.
49. Интерпретация геометрии различных типов электронограмм с применением обратной решетки.
50. Понятие толщенных и изгибных контуров экстинкции.
51. В решении каких материаловедческих задач могут быть использованы дифракционные методы исследования.

Тесты, контрольные работы

а) типовые задания (темы)

Набор тестовых заданий и заданий контрольных работ является обязательным компонентом учебно-методического комплекса по модулю «Физикохимические методы исследования материалов» дисциплины «Методы исследования твердых тел», отражает структуру курса и включает вопросы по всем разделам дисциплины. Выполнение контрольных заданий способствует закреплению и углублению теоретических знаний, полученных студентом в ходе самостоятельной работы над материалом курса, например:

1. Перечислите известные Вам методы анализа функциональных материалов.
2. Сформулируйте основной закон светопоглощения, перечислите причины отклонения от него.
3. Нарисуйте блок-схемы атомно-абсорбционных и эмиссионных спектрометров.
4. Перечислите основные стадии рентгеноспектрального анализа.

5. В чем заключаются преимущества рентгенофлуоресцентного анализа по сравнению с обычным атомно-эмиссионным методом?
6. Что представляют собой три основные системы рентгеновского микрозондового анализатора?
7. Поверхности каких материалов можно анализировать с помощью РФЭС?
8. Почему количественный анализ поверхности твердого тела в основном проводят расчетными методами?
9. Назовите основные методы регистрации масс-спектра и обработки данных анализа.
10. Расшифруйте данные, полученные при атомно-эмиссионном спектральном анализе.
11. Расшифруйте данные, полученные при элементном анализе материалов рентгенофлуоресцентным методом.
12. Рассчитайте параметры кристаллической решетки на основе анализа дифракционных углов по данным рентгенограмм.
13. В некоторых промышленных ЭПР спектрометрах используется микроволновое 8 мм излучение. Какое магнитное поле необходимо в этом случае, чтобы ввести электронный спин в резонанс?
14. Медь кристаллизуется в ГЦК решетку со стороной 361 пм. Предскажите вид дифракционной картины ее порошка при использовании рентгеновских лучей с длиной волны 154 пм.
15. Оцените размеры предложенных кристаллитов по уширению дифракционных линий в рентгеновских лучах.
16. На основании полученных экспериментальных данных, определите содержание заданных элементов в исследуемых образцах (использование метода калибровочного графика).
17. Нарисуйте оптическую схему квантометра и объясните, как используется этот прибор для анализа материалов.
18. Интерпретируйте экспериментальный спектр ЯМР, снятый на частоте 60 МГц. Какие изменения произойдут, если спектр будет снят на 300 МГц?
19. Что такое размерный эффект в технологии наноматериалов?
20. Как рассчитывают удельную поверхность ультрадисперсных порошков металлов по данным растровой электронной микроскопии?
21. В чем состоит различие электропроводности проводников, полупроводников и диэлектриков с точки зрения зонной теории?
22. Физические основы эффекта Холла и его измерение.
23. Магнитострикция материалов и методы ее измерения.
24. Виды люминесценции в зависимости от способа возбуждения.
25. Основные характеристики люминесценции. Интерпретация спектров люминесценции.
26. Магнитные свойства низкоразмерных частиц металлов.
27. Суперпарамагнетики.
28. Гигантское магнитосопротивление, отрицательное магнитосопротивление.

б) критерии оценивания компетенций (результатов)

- по пятибалльной системе.

в) описание шкалы оценивания

- оценка «отлично» ставится при выполнении, не менее чем 98% заданий;
- оценка «хорошо» ставится при выполнении, не менее чем 80% заданий;
- оценка «удовлетворительно» ставится при выполнении, не менее чем 60% заданий;
- оценка «неудовлетворительно» ставится при неправильном ответе более, чем на 50% вопросов теста или невыполнении более, чем 50% заданий.

6. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

(Описывается организация каждого вида самостоятельной работы студентов, используемого при изучении данной дисциплины).

Самостоятельная работа обучающихся является составной частью учебной работы и имеет целью закрепление и углубление

Состав самостоятельной работы:

1. Подготовка к лекционным занятиям:

- чтение текста (учебника, первоисточника, дополнительной литературы и т.д.);
- составление плана текста, графическое изображение структуры текста, конспектирование текста, выписки из текста и т.д.;
- работа с конспектом лекции;
- подготовка вопросов для самостоятельного изучения

2. Подготовка к практическим (семинарским) занятиям:

- работа со справочниками и др. литературой;
- заполнение рабочей тетради;
- подготовка мультимедиа презентации и докладов к выступлению на практическом занятии;

3. Подготовка к промежуточной аттестации:

- повторение всего учебного материала дисциплины
- аналитическая обработка текста;

4. Прочие виды работ:

научно-исследовательская работа (научная статья, доклад, реферат).

7. Учебно-методическое и материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) «Методы исследования твердых тел»

1. Кудрявцева Р.В. «Дефекты в кристаллах, их геометрия и свойства», учебное пособие.
2. Шаскольская М.П. «Кристаллография», М.В.Ш., 1976, (темы 1, 2, 4, 8).
3. Орлов А.Н. «Введение в теорию дефектов в кристаллах», учебное пособие, М.В.Ш., 1983, (темы 1 – 7).
4. Вайнштейн Б.К. «Структурная электронография», М., изд. АН СССР, 1956, (тема 10).
5. Амелинкс С. «Методы прямого наблюдения дислокаций», Мир, М., 1968 (темы 10, 11).

Дополнительная:

1. Фридель Ж. «Дислокации», М., Мир, 1967.
2. Ван-Бюрен Д. Дефекты в кристаллах», И.Л., 1967.
3. Утевский Л.М. «Дифракционная электронная микроскопия в металловедении», Металлургия, 1973.
4. Я.С. Уманский, Ю.А. Скаков, А.Н. Иванов, Л.Н. Расторгуев,. Кристаллография рентгенография и электронная микроскопия, Москва «Металлургия», 1982..
5. Л. Фельдман, Д. Майер, Основы анализа поверхности и тонких плёнок, Москва «Мир», 1989.
6. Д.Бриггс, М.П.Сих., Анализ поверхности методами Оже- и рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии. Москва, «Мир» 1987.

Интернет-ресурсы

1. <http://www.bruker.com/ru/products/x-ray-diffraction-and-elemental-analysis/single-crystal-x-ray-diffraction.html>
2. <http://www.megabook.ru/Article.asp?AID=689837>
3. http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_physics/2309ФОТОЭЛЕКТОННАЯ