

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

УТВЕРЖДЕНО
на заседании кафедры
общей физики
протокол №6 от «2» марта 2022 г.

Зав. кафедрой



/М.Х. Балапанов

СОГЛАСОВАНО
Директор физико-технического
института



/И.Ф. Шарафуллин

«2» марта 2022 г.

**УРОВЕНЬ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
ПОДГОТОВКА КАДРОВ ВЫСШЕЙ КВАЛИФИКАЦИИ
ПРОГРАММА ПОДГОТОВКИ НАУЧНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИХ КАДРОВ
В АСПИРАНТУРЕ**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**«СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ
СТРУКТУРЫ ТВЁРДЫХ ТЕЛ»**

Вариативная часть

**Направление подготовки
03.06.01 – Физика и астрономия**

**Направленность подготовки
«Физика конденсированного состояния»**

Квалификация
«Исследователь. Преподаватель-исследователь»

Форма обучения
Очная, заочная

Уфа – 2022 г.

Разработчик (составитель):



/ д.ф.м.н., проф. Альмухаметов Р.Ф.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры общей физики,
протокол №6 от 2 марта 2022 г.

Зав.кафедрой



Балапанов М.Х.

Список документов и материалов

I.	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы <i>(с ориентацией на карты компетенций)</i>	3
2.	Место дисциплины в структуре образовательной программы	4
3.	Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)	5
4	Фонд оценочных средств по дисциплине	5
	4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания	5
	4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	8
	4.3. Рейтинг-план дисциплины (при необходимости)	9
5	Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	15
	5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	16
	5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины	17
6	Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	18

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

ПК-1 Способность к построению корректных математических моделей и численных алгоритмов решения задач физики конденсированного состояния;

ПК-2 Способность формулировать задачи теоретического и прикладного характера в рамках физики конденсированного состояния;

ПК-3 Готовность использовать современные программно-аппаратные средства для проведения научных исследований, а также планировать и проводить экспериментальные исследования, а также анализировать экспериментальные данные.

Результаты обучения		Формируемая компетенция (с указанием кода)	Примечание
Знания	Знать: особенности взаимодействия рентгеновских лучей, нейтронов и электронов с веществом;	ПК-1, ПК-2	
	основы теории дифракции рентгеновских лучей в кристаллах, основные формулы структурного анализа, влияние различных факторов на дифракционную картину, структурный фактор, расчет структурного фактора для простейших структур;	ПК-1, ПК-2	
	основные методы рентгеноструктурного анализа.	ПК-2, ПК-3	
	Иметь общие представления о лабораторном оборудовании для структурных исследований.	ПК-3	
Умения	Уметь: 1. читать и понимать научно-техническую литературу по структурному и фазовому анализу твердых тел;	ПК-1	
	2. работать с рентгеновскими аппаратами для структурного анализа;	ПК-2, ПК-3	
	3. обоснованно выбирать излучение, фильтры и условия съемки;		
	4. обрабатывать и анализировать информацию, полученную с рентгеновских дифрактометров;	ПК-3	
	5. применять основы теории дифракции рентгеновских, электронных и нейтронных лучей в кристаллах для решения задач исследовательской деятельности; проводить качественный и количественный рентгенофазовый анализ, определять тип и параметры кристаллической решетки, размеры кристаллитов, упругие деформации, текстуру зерен в поликристаллических материалах, определять ориентировку монокристаллов.		

Владения (навыки / опыт деятельнос ти)	Владеть: 1. навыками проведения качественного и количественного рентгенофазового анализа твердых тел;	ПК-1	
	2. навыками определения параметров решетки, индицирования рентгенограмм кристаллов, определения ориентировки монокристаллов;	ПК-2, ПК-3	
	3. навыками работы с рентгеновскими дифрактометрами;	ПК-3	

2. Цели и место дисциплины в структуре образовательной программы

Учебная дисциплина «Современные методы изучения структуры твёрдых тел» входит в вариативную часть Блока 1 (Б1.В.ОД.5) учебного плана по направлению подготовки 03.06.01 «Физика и астрономия», направленности «Физика конденсированного состояния».

Цель изучения дисциплины состоит в углублении знаний обучающихся по современным методам изучения кристаллической структуры твердых тел, полученных ранее в курсах бакалавриата и магистратуры, в ознакомлении с новейшими достижениями, современными проблемами и актуальными направлениями структурных исследований в области физики конденсированного состояния.

Дисциплина изучается на 3 курсе в 6 семестре при очной форме обучения, в 5-м и 6-м семестрах - при заочной форме обучения.

Для успешного усвоения курса аспиранту необходимы знания курсов общей физики, теоретической физики и физики конденсированного состояния.

Компетенции, полученные при изучении дисциплины «Современные методы изучения структуры твёрдых тел», необходимы для освоения программ курса аспирантуры, подготовки и написанию кандидатской диссертации.

3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)

Содержание рабочей программы представлено в Приложении № 1

4. Фонд оценочных средств по дисциплине

4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

ПК-1:

Способность к построению корректных математических моделей и численных алгоритмов решения задач физики конденсированного состояния;

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Не удовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
Первый этап (уровень)	Знать: 1. особенности взаимодействия рентгеновских лучей, нейтронов и электронов с веществом; 2. основы теории дифракции рентгеновских лучей в кристаллах, основные формулы структурного анализа, влияние различных факторов на дифракционную картину, структурный фактор, расчет структурного фактора для простейших структур	Отсутствие знаний или фрагментарные начальные знания 1. особенностей взаимодействия рентгеновских лучей, нейтронов и электронов с веществом; 2. основ теории дифракции рентгеновских лучей в кристаллах, основных формул структурного анализа, влияния различных факторов на дифракционную картину, методики расчетов структурного фактора для простейших структур	Неполные знания 1. особенностей взаимодействия рентгеновских лучей, нейтронов и электронов с веществом; 2. основ теории дифракции рентгеновских лучей в кристаллах, основных формул структурного анализа, влияния различных факторов на дифракционную картину, методики расчетов структурного фактора для простейших структур	В целом сформированные, но содержащие отдельные пробелы, знания 1. особенностей взаимодействия рентгеновских лучей, нейтронов и электронов с веществом; 2. основ теории дифракции рентгеновских лучей в кристаллах, основных формул структурного анализа, влияния различных факторов на дифракционную картину, методики расчетов структурного фактора для простейших структур	Сформированные систематические знания 1. особенностей взаимодействия рентгеновских лучей, нейтронов и электронов с веществом; 2. основ теории дифракции рентгеновских лучей в кристаллах, основных формул структурного анализа, влияния различных факторов на дифракционную картину, методики расчетов структурного фактора для простейших структур
Второй этап (уровень)	Уметь: читать и понимать научно-техническую литературу по	Не умеет читать и понимать научно-техническую	Фрагментарные умения читать и понимать научно-техническую	В целом сформированные, но некоторыми пробелами, умения читать и	Полностью сформированные умения: читать и понимать

	структурному и фазовому анализу твердых тел;	литературу по структурному и фазовому анализу твердых тел	литературу по структурному и фазовому анализу твердых тел	понимать научно-техническую литературу по структурному и фазовому анализу твердых тел	научно-техническую литературу по структурному и фазовому анализу твердых тел
Третий этап (уровень)	Владеть: навыками проведения качественного и количественного рентгенофазового анализа твердых тел	Не владеет навыками проведения качественного и количественного рентгенофазового анализа твердых тел	В целом владеет навыками, но допускает существенные ошибки в проведении качественного и количественного рентгенофазового анализа твердых тел	Владеет необходимыми навыками, но допускает незначительные ошибки в проведении качественного и количественного рентгенофазового анализа твердых тел	В совершенстве владеет навыками проведения качественного и количественного рентгенофазового анализа твердых тел

ПК-2: Способность формулировать задачи теоретического и прикладного характера в рамках физики конденсированного состояния

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Не удовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
Первый этап (уровень)	Знать: 1. особенности взаимодействия рентгеновских лучей, нейтронов и электронов с веществом; 2. основы теории дифракции рентгеновских лучей в кристаллах, основные формулы структурного анализа, влияние различных факторов на дифракционную картину, структурный фактор, расчет структурного фактора для простейших структур; 3. основные методы рентгеноструктурного анализа.	Отсутствие знаний	Неполные знания	В целом сформированные, но содержащие отдельные пробелы, знания	Сформированные систематические знания
Второй этап (уровень)	Уметь: 1. работать с рентгеновскими	Отсутствие умений 1. работать с	сформированные со значительными пробелами	В целом сформированные, но с небольшими	Полностью сформированные умения:

	аппаратами для структурного анализа; 2. обоснованно выбирать излучение, фильтры и условия съемки; 3. обрабатывать и анализировать информацию, полученную с рентгеновских дифрактометров;	рентгеновским и аппаратами для структурного анализа; 2. обоснованно выбирать излучение, фильтры и условия съемки; 3. обрабатывать и анализировать информацию, полученную с рентгеновских дифрактометров;	умения: 1. работать с рентгеновскими аппаратами для структурного анализа; 2. обоснованно выбирать излучение, фильтры и условия съемки; 3. обрабатывать и анализировать информацию, полученную с рентгеновских дифрактометров	пробелами, умения : 1. работать с рентгеновскими аппаратами для структурного анализа; 2. обоснованно выбирать излучение, фильтры и условия съемки; 3. обрабатывать и анализировать информацию, полученную с рентгеновских дифрактометров	1. работать с рентгеновскими аппаратами для структурного анализа; 2. обоснованно выбирать излучение, фильтры и условия съемки; 3. обрабатывать и анализировать информацию, полученную с рентгеновских дифрактометров ;
Третий этап (уровень)	Владеть: навыками определения параметров решетки, индцирования рентгенограмм кристаллов, определения ориентировки монокристаллов;	Не владеет навыками	В целом владеет навыками, но допускает существенные ошибки	Владеет необходимыми навыками, но допускает незначительные ошибки	В совершенстве владеет навыками

ПК-3: Готовность использовать современные программно-аппаратные средства для проведения научных исследований, а также планировать и проводить экспериментальные исследования, а также анализировать экспериментальные данные

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Не удовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
Первый этап (уровень)	Знать: основные методы рентгеноструктурного анализа. Иметь общие представления о лабораторном оборудовании для структурных исследований.	Отсутствие знаний	Неполные знания	В целом сформированные, но содержащие отдельные пробелы, знания	Сформированные систематические знания
Второй этап (уровень)	Уметь: 1. работать с рентгеновскими аппаратами для структурного анализа; 2. обоснованно выбирать	Отсутствие умений	сформированные со значительными пробелами умения: 1. работать с рентгеновскими аппаратами для структурного	В целом сформированные, но с небольшими пробелами, умения : 1. работать с рентгеновскими аппаратами для	Полностью сформированные умения: 1. работать с рентгеновскими аппаратами для структурного анализа;

	излучение, фильтры и условия съемки; 3. обрабатывать и анализировать информацию, полученную с рентгеновских дифрактометров;	2. обоснованно выбирать излучение, фильтры и условия съемки; 3. обрабатывать и анализировать информацию, полученную с рентгеновских дифрактометров;	анализа; 2. обоснованно выбирать излучение, фильтры и условия съемки; 3. обрабатывать и анализировать информацию, полученную с рентгеновских дифрактометров	структурного анализа; 2. обоснованно выбирать излучение, фильтры и условия съемки; 3. обрабатывать и анализировать информацию, полученную с рентгеновских дифрактометров	2. обоснованно выбирать излучение, фильтры и условия съемки; 3. обрабатывать и анализировать информацию, полученную с рентгеновских дифрактометров ;
Третий этап (уровень)	Владеть: 1. навыками определения параметров решетки, индирования рентгенограмм кристаллов, определения ориентировки монокристаллов; 2. навыками работы с рентгеновскими дифрактометрами	Не владеет следующими навыками: 1. навыками определения параметров решетки, индирования рентгенограмм кристаллов, определения ориентировки монокристаллов; 2. навыками работы с рентгеновским и дифрактометрами	В целом владеет следующими навыками, но допускает значительные ошибки: 1. навыками определения параметров решетки, индирования рентгенограмм кристаллов, определения ориентировки монокристаллов; 2. навыками работы с рентгеновскими дифрактометрами	В целом владеет следующими навыками, но допускает незначительные ошибки 1. навыками определения параметров решетки, индирования рентгенограмм кристаллов, определения ориентировки монокристаллов; 2. навыками работы с рентгеновскими дифрактометрами	Владеет в совершенстве 1. навыками определения параметров решетки, индирования рентгенограмм кристаллов, определения ориентировки монокристаллов ; 2. навыками работы с рентгеновскими дифрактометрами

4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Этапы освоения	Результаты обучения	Компетенция	Оценочные средства
Знания	Знать: особенности взаимодействия рентгеновских лучей, нейтронов и электронов с веществом;	ПК-1, ПК-2	Письменный опрос, собеседование, реферат, доклад
	основы теории дифракции рентгеновских лучей в кристаллах, основные формулы структурного анализа, влияние различных факторов на дифракционную картину, структурный фактор, расчет структурного фактора для простейших структур;	ПК-1, ПК-2	
	основные методы рентгеноструктурного анализа.	ПК-2, ПК-3	
	Иметь общие представления о лабораторном оборудовании для структурных исследований.	ПК-3	
Умения	Уметь: 1. читать и понимать научно-техническую литературу по структурному и фазовому анализу твердых тел;	ПК-1	Письменный опрос, собеседование,

			реферат, доклад
	2. работать с рентгеновскими аппаратами для структурного анализа;	ПК-2, ПК-3	Письменный опрос, собеседование, реферат, доклад
	3. обоснованно выбирать излучение, фильтры и условия съемки;		
	4. обрабатывать и анализировать информацию, полученную с рентгеновских дифрактометров;		
	5. применять основы теории дифракции рентгеновских, электронных и нейтронных лучей в кристаллах для решения задач исследовательской деятельности; проводить качественный и количественный рентгенофазовый анализ, определять тип и параметры кристаллической решетки, размеры кристаллитов, упругие деформации, текстуру зерен в поликристаллических материалах, определять ориентировку монокристаллов.	ПК-3	Письменный опрос, собеседование, реферат, доклад
Владения (навыки / опыт деятельности)	Владеть: 1. навыками проведения качественного и количественного рентгенофазового анализа твердых тел;	ПК-1	Практическая работа
	2. навыками определения параметров решетки, индентирования рентгенограмм кристаллов, определения ориентировки монокристаллов;	ПК-2, ПК-3	Практическая работа
	3. навыками работы с рентгеновскими дифрактометрами;	ПК-3	Практическая работа

Вопросы к экзамену

1 Дифракционные методы исследования структуры твердых тел. Рентгенография, нейтронография, электронография. Особенности этих методов. Основные понятия, характеризующие взаимодействие различных видов излучения с веществом. Сравнительная характеристика взаимодействия рентгеновского излучения, электронов и нейтронов с веществом.

2 Природа рентгеновских лучей. Получение рентгеновских лучей. Рентгеновские трубки. Механизм возникновения и свойства сплошного рентгеновского излучения. Распределение интенсивности сплошного излучения. Факторы, влияющие на интенсивность сплошного рентгеновского излучения.

3 Механизм возникновения и свойства характеристического излучения. Тонкая структура характеристических спектров. Правила отбора и диаграмма переходов. Фотоэффект. Оже-эффект. Вторичные спектры. Флюоресценция. Применение вторичного излучения.

4 Поглощение рентгеновских лучей веществом. Коэффициенты поглощения, их зависимость от длины и порядкового номера поглотителя, скачки поглощения. Определение коэффициентов поглощения. Понятие о классической и квантовой теории поглощения. Фильтры.

5 Рассеяние рентгеновских лучей кристаллом. Уравнение Вульфа-Брэггов. Интерференционная функция Лауэ. Анализ интерференционной функции Лауэ. Основные и побочные максимумы, соотношение их интенсивностей. Условия интерференции, выраженные через вектор обратной решетки. Сфера Эвальда. Рассеяние рентгеновских

лучей кристаллами со сложным базисом. Структурный фактор. Правила погасания. Расчет структурного фактора для простейших структур.

6 Рассеяние рентгеновских лучей свободным электроном. Множитель Томпсона. Рассеяние рентгеновских лучей одноэлектронным атомом. Рассеяние рентгеновских лучей многоэлектронным атомом. Атомный фактор рассеяния.

7 Влияние тепловых колебаний атомов на интенсивность рассеянного рентгеновского излучения. Фактор Дебая-Валлера. Определение амплитуды тепловых колебаний атомов из рентгеновских данных.

8 Геометрический и абсорбционный факторы интенсивности рассеяния рентгеновского излучения. Фактор повторяемости.

11 Кинематическая теория рассеяния рентгеновских лучей. Выражение для интенсивности рассеянного излучения в приближении кинематической теории. Понятие о динамической теории рассеяния рентгеновских лучей. Первичная и вторичная экстинкция.

12 Метод Лауэ. Возникновение интерференционной картины в методе Лауэ. Круг задач, решаемых с помощью метода Лауэ. Условия съемки лауэграмм и эписграмм. Геометрия интерференционной картины. Гномоническая проекция. Зональные кривые. Особенности расположения пятен на лауэграммах. Определение ориентировки монокристалла по лауэграммам и эписграммам.

13 Метод Дебая – Шерера. Возникновение интерференционной картины в методе Дебая. Индицирование дебаеграмм. Круг задач, решаемых с помощью метода Дебая.

14 Метод вращения. Геометрия интерференционной картины. Определение периода идентичности по рентгенограмме вращения. Индицирование рентгенограмм вращения.

15. Методика определения размеров кристаллитов из анализа рентгеновских линий на дифрактограммах.

16. Методика определения упругих напряжений из анализа рентгеновских линий на дифрактограммах.

17. Определение текстуры зерен в поликристаллических материалах

18. Электронографический метод исследования структуры. Его достоинства и недостатки. Области применения.

19. Нейтронографический метод исследования структуры. Области его применения и особенности.

Экзамен оценивается по пятибалльной шкале

Критерии оценивания ответа на экзамене:

5 баллов (отлично) выставляется аспиранту, если он дал полный, развернутый ответ на все вопросы билета, продемонстрировал знание функциональных возможностей, терминологии, основных элементов, умение применять теоретические знания при выполнении практических заданий. Аспирант без затруднений ответил на дополнительный вопрос.

4 балла (хорошо) выставляется аспиранту, если он ответил на все вопросы, однако допустил неточности в определении основных понятий; при ответе на дополнительный вопрос допущены небольшие неточности; дал развернутые ответы на два из трех вопроса из билета и ответил на дополнительный вопрос.

3 балла (удовлетворительно) выставляется аспиранту, если при ответе вопросы билета им допущены несколько существенных ошибок в толковании основных понятий. Логика и полнота ответа страдают заметными изъянами. Заметны пробелы в знании основных методов. Теоретические вопросы в целом изложены достаточно, но с

пропусками материала. Имеются принципиальные ошибки в логике построения ответа на вопрос.

2 балла (неудовлетворительно) выставляется аспиранту, если ответы на вопросы свидетельствуют о непонимании и крайне неполном знании основных понятий и методов. Обнаруживается отсутствие навыков применения теоретических знаний при выполнении практических заданий. Аспирант не смог ответить ни на один дополнительный вопрос.

Образец экзаменационного билета:

<p style="text-align: center;">Образец экзаменационного билета: Министерство образования и науки Российской Федерации ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет» Физико-технический институт Кафедра общей физики</p> <p style="text-align: center;">ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1 по дисциплине «Современные методы изучения структуры твёрдых тел» Направление подготовки 03.06.01 – Физика и астрономия Направленность подготовки «Физика конденсированного состояния»</p> <p>1. Дифракционные методы анализа структуры вещества. Сравнительная характеристика РСА, электронографии и нейтронографии. 2. Взаимодействие рентгеновских лучей с веществом. Механизмы ослабления.</p> <p>Утверждено на заседании кафедры _____ протокол № ____</p> <p>Заведующий кафедрой _____ <u>Балапанов М.Х.</u></p>

Вопросы для письменного опроса и собеседования

Тема: Рентгеновские аппараты

1. Как устроена рентгеновская трубка?
2. Для чего служит катод?
3. Для чего служит основание анода?
4. Что такое зеркало анода?
5. Как выглядит ВАХ рентгеновской трубки?

Тема: Природа рентгеновских лучей

1. Какую природу имеют рентгеновские лучи?
2. В какой области шкалы электромагнитных волн находятся рентгеновские лучи?
3. Какой спектр испускает рентгеновская трубка?
4. Какой спектр называется сплошным?
5. Какой спектр называется характеристическим?
6. От каких факторов зависит сплошной спектр?
7. Как объясняется возникновение сплошного спектра?
8. Как зависит сплошной спектр от материала анода?

9. Как зависит характеристический спектр от материала зеркала анода?
10. Как объясняется возникновение характеристического спектра?
11. Как возникают K-, L-, M-, N- серии характеристического спектра?

Тема: Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом

1. Какие процессы происходят при прохождении рентгеновских лучей через вещество?
2. Что называется коэффициентом поглощения?
3. От каких факторов зависит коэффициент поглощения?
4. Как располагаются спектр излучения трубки и кривая поглощения при условии, что порядковый номер материала анода меньше чем порядковый номер исследуемого кристалла?
5. Как располагаются спектр излучения трубки и кривая поглощения при условии, что порядковый номер материала анода равен порядковому номеру исследуемого кристалла?
6. Как располагаются спектр излучения трубки и кривая поглощения при условии, что порядковый номер материала анода больше чем порядковый номер исследуемого кристалла?
7. Какое соотношение между порядковым номером анода и порядковым номером исследуемого кристалла должно быть для оптимальной съемки рентгенограммы?
8. Фильтры и принцип их выбора.

Тема: Дифракция рентгеновских лучей кристаллом

1. Что называется интерференцией?
2. Какие лучи интерферируют при облучении кристалла рентгеновскими лучами?
3. Вывести формулу Вульфа-Брэггов.
4. Что такое межплоскостное расстояние? Какие значения оно принимает?
5. Что такое порядок интерференции?
6. Что такое угол скольжения?
7. Что называется структурным фактором?
8. Вычислить структурный фактор для простой кубической решетки.
9. Вычислить структурный фактор для решетки с ОЦК структурой.
10. Вычислить структурный фактор для решетки с ГЦК структурой.
11. Какие значения принимают индексы Миллера для простой кубической решетки?
12. Какие значения принимают индексы Миллера для решетки с ОЦК структурой?
13. Какие значения принимают индексы Миллера для решетки с ГЦК структурой?
14. Вычислить структурный фактор для решетки с структурой CsCl.
15. Вычислить структурный фактор для решетки с структурой NaCl.
15. Что называется атомным множителем?
16. Какими параметрами определяется атомный множитель?

Тема: Индицирование рентгенограмм

1. Что называется индицированием?
2. В чем состоит суть графического индицирования?
3. В чем состоит суть аналитического индицирования?

4. Вычислить теоретические значения $\frac{\sin^2 \theta_i}{\sin^2 \theta_1}$ для кристаллов с простой кубической решеткой.

5. Вычислить теоретические значения $\frac{\sin^2 \theta_i}{\sin^2 \theta_1}$ для кристаллов с ОЦК решеткой.

6. Вычислить теоретические значения $\frac{\sin^2 \theta_i}{\sin^2 \theta_1}$ для кристаллов с ГЦК решеткой.

Типовые задания на практическую работу

1. В таблице приведены рентгеновские данные для меди. Определить тип решетки, индексы Миллера линий, параметр решетки, атомный радиус и рентгеновскую плотность

номер линии	2θ, град.
1	43.35
2	50.51
3	74.20
4	90.02
5	95.19
6	117.03
7	136.84
8	145.14

2. В таблице приведены рентгеновские данные для CsCl. Определить тип решетки, индексы Миллера линий, параметр решетки

номер линии	2θ, град.
1	21.62
2	30.77
3	37.91
4	44.06
5	49.60
6	54.70
7	64.09
8	68.48
9	72.74
10	76.95
11	81.08
12	85.10
13	89.19
14	97.16
15	101.29
16	105.41
17	109.67
18	114.03
19	118.50
23	146.05
21	133.51
22	
20	139.38
	123.29

РЕФЕРАТЫ

Каждому аспиранту предоставляется возможность выбрать тему для написания реферата из списка, представленного ниже. В конце семестра аспирант должен представить преподавателю реферат и сделать доклад по теме реферата.

Реферат должен содержать следующие обязательные разделы:

- а) введение
- б) четкая постановка задачи или проблемы и пути ее решения;
- в) история исследования проблемы;
- г) современное состояние проблемы.
- д) заключение
- е) список использованной литературы.

По содержанию реферата должна быть

- а) подготовлена презентация для публичной защиты;
- б) подготовлены вопросы к аудитории по представленному материалу для выяснения усвоения основных положений доклада.

Темы рефератов

1. Малоугловая рентгеновская дифрактометрия
2. Дифракция рентгеновских лучей на кристаллах
3. Метод EXAFS исследования особенностей кристаллической структуры
4. Методы исследования структуры тонких пленок
5. Взаимодействие нейтронного излучения с веществом
6. Основы современной нейтронографии
7. Применение быстрого преобразования Фурье для улучшения качества дифрактограмм от наноразмерных материалов
8. Анализ кристаллической структуры микрообъектов в современной электронной микроскопии
9. Метод Ритвельда
10. Применение синхротронного излучения для анализа структуры кристаллов

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Основная литература:

1. Илюшин А.С. Дифракционный структурный анализ : учеб. пособие для вузов . В двух частях. / А. С. Илюшин, А. П. Орешко .— Часть 1 .— 2-е изд., испр. и доп. — Москва : 2018 .— 327 с. — [5 экз]. / А. С. Илюшин, А. П. Орешко .— Часть 2 .— 2-е изд., испр. и доп. — Москва : 2018 .— 299 с. — [5 экз].
2. Альмухаметов Р.Ф. Основы рентгеноструктурного анализа. Уфа. РИЦ БашГУ. 2013 г. 88 с. (25 экз)
3. [Порай-Кошиц, Михаил Александрович](#). Основы структурного анализа химических соединений : [Учеб.пособие для хим.спец.ун-тов] / М.А. Порай-Кошиц .— М. : Высш.школа, 1982 .— 151 с. (20 экз)

Дополнительная литература:

4. Киттель Ч. «Введение в физику твердого тела», 1978 г. (32 экз)
5. [Ковба, Леонид Михайлович](#). Рентгенофазовый анализ .— 2-е изд., доп. и перераб. — М. : Изд-во МГУ, 1976 .— 232с (4 экз)
6. Синдо, Дайзуке. Аналитическая просвечивающая электронная микроскопия : пер. с англ. / Д. Синдо, Т. Оикава .— М. : Техносфера, 2006 .— 256 с. (10 экз.)
7. Уманский Я.С. «Рентгенография металлов», Металлургия, 1969 г. (3 экз)
8. Теория рассеяния рентгеновских лучей. В.И. Иверонова, Г.П. Ревкевич. М.Ж МГУ. 1978. 277 с. (3 экз)
9. [Ищенко, Анатолий Александрович](#). Структура и динамика свободных молекул и конденсированного вещества : [монография] / А. А. Ищенко .— Москва : Физматлит, 2018 .— 656 с. (2 экз.)
10. [Китайгородский, Александр Исаакович](#). Теория структурного анализа .— М. : АН СССР, 1957 .— 284с (3 экз)
11. [Вудраф, Д.](#) Современные методы исследования поверхности / Пер.с англ.Е.Ф.Шека;Под ред.В.И.Раховского .— М. : Мир, 1989 .— 568с. (2 экз.)
12. Определение размеров блоков и микронапряжений рентгеновским методом [Электронный ресурс] : лабораторная работа № 5 / Башкирский государственный университет; сост. Р.Ф. Альмухаметов .— Уфа : РИЦ БашГУ, 2016 .— Электрон. версия печ. публикации .— Доступ возможен через Электронную библиотеку БашГУ .— <URL:https://elib.bashedu.ru/dl/local/Almuhametov_sost_Opredelenie_razmerov_blokov_lab_5_2016.pdf>.

5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины

1. «Электронная библиотека БашГУ» <https://elib.bashedu.ru>
2. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <http://www.bashlib.ru/echitzal/>
3. ЭБС «ЛАНЬ» <https://e.lanbook.com>
4. Научная электронная библиотека Elibrary.ru <https://elibrary.ru/>

5. Web of Science Core Collection <http://apps.webofknowledge.com/>
6. Scopus <http://www.scopus.com/>
7. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» (<http://window.edu.ru>);
8. Справочно-правовая система Консультант Плюс
9. Справочно-правовая система Гарант.
10. <http://www.ufn.ru/russian/> - журнал «Успехи Физических Наук» (УФН) - открытый доступ, рубрики «Новости», «Физика наших дней», «Методические заметки» написаны в популярной форме.
11. <http://www.aip.org/pt/> - журнал «Physics Today» (на английском, открытый доступ).
12. <http://ru.arxiv.org/> - основной международный архив физических статей в форме электронных препринтов (e-print archive) для профессионалов (на английском, открытый доступ). Популярные и методические рубрики: Physics Education, Physics and Society, Popular Physics.

Программное обеспечение:

1. Windows Professional 8 Russian Upgrade OLP NL Academic Edition.
2. Программа для ЭВМ Office Standard 2013 Russian OLP NL Academic Edition.
3. Браузер Google Chrome (лицензия BSD, свободное программное обеспечение).

6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Наименование специальных* помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
<p>1. учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа: аудитория № 318 (физмат корпус – учебное).</p> <p>2. учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа: аудитория № 318 (физмат корпус – учебное).</p> <p>3. учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций: Лаборатория рентгеновской дифрактометрии № 104а (физмат корпус – учебное), «Лаборатория рентгеноструктурного анализа» №411 (физмат корпус – учебное).</p> <p>4. учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации: компьютерный класс № 412 (физмат корпус – учебное)</p> <p>5. помещения для самостоятельной работы: читальный зал № 2 (физмат корпус – учебное).</p> <p>6. помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования: лаборатория № 605 г (физмат корпус – учебное).</p>	<p>Аудитория № 318 Учебная мебель, экран, доска, Мультимедиа-проектор</p> <p>Лаборатория № 411 Учебная мебель, ИРИС рентгеновский аппарат Дозиметр рентгеновский</p> <p>Лаборатория № 104а Высокотемпературная камера НТК-1200 в т.ч. адаптер и блок управления Дифрактометр рентгеновский ДРОН-7 Устройство управления защитой ЯБ 5.155.037</p> <p>Компьютерный класс № 412 1) Компьютеры в сборе DELL E2214Нв – 15 шт процессоры инв. 410134000001925, 28-38, 410134000001940-41 (15 шт) монитор инв. 410134000001924, . 410134000001929 -38,40,41 (15 шт.) 2) Столы компьютерные-15 шт. Инв №01101062100-01101062114 3) Стулья ученические-22 шт. 4) Доска ауд.-1шт, инв.2101067124</p> <p>Читальный зал № 2 1. Научный и учебный фонд. 2. Научная периодика. 3. ПК (моноблок) - 3 шт. 4. Wi-Гідоступ для мобильных устройств. 5. Неограниченный доступ к ЭБС и БД. 6. Количество посадочных мест – 58. 7. ПК (моноблок) – 8 шт., подключенных к сети Интернет.</p> <p>Лаборатория № 605 г 1. Станок токарный ТВ-16; 2. Станок сверлильный НС-Ш; 3. Осциллограф С1-67; 4. Паяльная аппаратура; 5. Весы аналитические Labof; 6. Весы лабораторные; 7. Шкаф с набором вспомогательного материала (резисторов, конденсаторов, предохранителей и т. д.) 8. Набор инструментов для ремонта оборудования.</p>	<p>1. Windows 8 Russian; Windows Professional 8 Russian Upgrade. Договор №104 от 17.06.2013 г. Лицензия - OLPNL Academic Edition. Срок лицензии - бессрочно.</p> <p>2. Microsoft Office Standard 2013 Russian. Договор №114 от 12.11.2014 г. Лицензия - OLP NL Academic Edition. Срок лицензии - бессрочно.</p>

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

дисциплины
Современные методы изучения структуры твёрдых тел
 на 6 семестр
 (наименование дисциплины)
очная
 форма обучения

Вид работы	Объем дисциплины
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	3/108
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	8
лекций	2
практических	4
Контроль самостоятельной работы (КСР)	2
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	64
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/ дифференцированному зачету (Контроль)	36

Форма(ы) контроля:
 экзамен __6__ семестр

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов и трудоемкость (в часах)			Основная и дополнительная литература, рекомендуемая обучаемым (номера из списка)	Задания по самостоятельной работе обучаемых	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		ЛК	ПР/СЕМ	СР (включая подготовку к экз.)			
1	2	3	5	6			
1.	Дифракционные методы исследования структуры твердых тел. Рентгенография, нейтронография, электронография. Особенности этих методов. Основные понятия, характеризующие взаимодействие различных видов излучения с веществом. Сравнительная характеристика взаимодействия рентгеновского излучения, электронов и нейтронов с веществом.	1	-	10	[1-3]	Изучение рекомендуемой литературы	Письменный опрос, реферат, доклад
2.	Природа рентгеновских лучей. Получение рентгеновских лучей. Рентгеновские трубки. Механизм возникновения и свойства сплошного рентгеновского излучения. Распределение интенсивности сплошного излучения. Факторы, влияющие на интенсивность сплошного рентгеновского излучения. Механизм возникновения и свойства характеристического излучения. Тонкая структура характеристических спектров. Правила отбора и диаграмма переходов. Фотоэффект. Оже-эффект. Вторичные спектры. Флюоресценция. Применение вторичного излучения.	1	-	10	[1-3]	Изучение рекомендуемой литературы	Письменный опрос, реферат, доклад
3.	Поглощение рентгеновских лучей веществом. Коэффициенты поглощения, их зависимость от длины и порядкового номера поглотителя, скачки поглощения. Определение коэффициентов поглощения. Понятие о классической и квантовой теории поглощения. Фильтры.	-	-	10	[1-3]	Изучение рекомендуемой литературы	Письменный опрос, реферат, доклад
4.	Рассеяние рентгеновских лучей кристаллом. Уравнение Вульфа-Брэггов. Интерференционная функция Лауэ. Анализ интерференционной функции Лауэ. Основные и побочные максимумы, соотношение их интенсивностей. Условия интерференции, выраженные через вектор обратной решетки. Сфера Эвальда. Рассеяние рентгеновских лучей кристаллами со сложным базисом. Структурный фактор. Правила погасания. Расчет структурного фактора для простейших структур. Рассеяние рентгеновских лучей свободным электроном. Множитель	-	-	10	[1,4,8]	Изучение рекомендуемой литературы	Письменный опрос, реферат, доклад

	Томпсона. Рассеяние рентгеновских лучей одноэлектронным атомом. Рассеяние рентгеновских лучей многоэлектронным атомом. Атомный фактор рассеяния. Влияние тепловых колебаний атомов на интенсивность рассеянного рентгеновского излучения. Фактор Дебая-Валлера. Определение амплитуды тепловых колебаний атомов из рентгеновских данных. Геометрический и абсорбционный факторы интенсивности рассеяния рентгеновского излучения. Фактор повторяемости. Кинематическая теория рассеяния рентгеновских лучей. Выражение для интенсивности рассеянного излучения в приближении кинематической теории. Понятие о динамической теории рассеяния рентгеновских лучей. Первичная и вторичная экстинкция.						
5.	Метод Лауэ. Возникновение интерференционной картины в методе Лауэ. Круг задач, решаемых с помощью метода Лауэ. Условия съемки лауэграмм и эпиграмм. Геометрия интерференционной картины. Гномоническая проекция. Зональные кривые. Особенности расположения пятен на лауэграммах. Определение ориентировки монокристалла по лауэграммам и эпиграммам.	-	1	10	[1-5,10]	Изучение рекомендуемой литературы	Письменный опрос, реферат, доклад
6.	Метод Дебая – Шерера. Возникновение интерференционной картины в методе Дебая. Индексирование дебаеграмм. Круг задач, решаемых с помощью метода Дебая.			10	[1-5,10]	Изучение рекомендуемой литературы	Письменный опрос, реферат, доклад
7.	Метод вращения. Геометрия интерференционной картины. Определение периода идентичности по рентгенограмме вращения. Индексирование рентгенограмм вращения.			10	[1-5,10]	Изучение рекомендуемой литературы	Письменный опрос, реферат, доклад
8	Методика определения размеров кристаллитов из анализа рентгеновских линий на дифрактограммах. Методика определения микронапряжений из анализа рентгеновских линий на дифрактограммах. Определение текстуры зерен в поликристаллических материалах			10	[1-5,10, 12]	Изучение рекомендуемой литературы	Письменный опрос, реферат, доклад
9	Электроннографический метод исследования структуры. Его достоинства и недостатки. Области применения.	-	1	10	[6,11]	Изучение рекомендуемой литературы	Письменный опрос, реферат, доклад
10	Нейтроннографический метод исследования структуры. Области его применения и особенности.	-	-	10	[1,4]	Изучение рекомендуемой литературы	Письменный опрос, реферат, доклад
	Всего часов:	2	4	100			

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

дисциплины

Современные методы изучения структуры твёрдых тел

на 5, 6 семестр

(наименование дисциплины)

заочная

форма обучения

Вид работы	Объем дисциплины 5-й семестр	Объем дисциплины 6-й семестр	Общий объем дисциплины
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)			3/108
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	6	4	10
лекций	2		2
практических	2	2	4
Контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	2
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	30	59	89
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/ дифференцированному зачету (Контроль)	-	9	9

Форма(ы) контроля:

экзамен __ 6 __ семестр

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов и трудоемкость (в часах)			Основная и дополнительная литература, рекомендуемая обучаемым (номера из списка)	Задания по самостоятельной работе обучаемых	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		ЛК	ПР/СЕМ	СР (включая подготовку к экз.)			
1	2	3	5	6			
1.	Дифракционные методы исследования структуры твердых тел. Рентгенография, нейтронография, электронография. Особенности этих методов. Основные понятия, характеризующие взаимодействие различных видов излучения с веществом. Сравнительная характеристика взаимодействия рентгеновского излучения, электронов и нейтронов с веществом.	1	-	8	[1-3]	Изучение рекомендуемой литературы	Письменный опрос, реферат, доклад
2.	Природа рентгеновских лучей. Получение рентгеновских лучей. Рентгеновские трубки. Механизм возникновения и свойства сплошного рентгеновского излучения. Распределение интенсивности сплошного излучения. Факторы, влияющие на интенсивность сплошного рентгеновского излучения. Механизм возникновения и свойства характеристического излучения. Тонкая структура характеристических спектров. Правила отбора и диаграмма переходов. Фотоэффект. Оже-эффект. Вторичные спектры. Флюоресценция. Применение вторичного излучения.	1	-	8	[1-3]	Изучение рекомендуемой литературы	Письменный опрос, реферат, доклад
3.	Поглощение рентгеновских лучей веществом. Коэффициенты поглощения, их зависимость от длины и порядкового номера поглотителя, скачки поглощения. Определение коэффициентов поглощения. Понятие о классической и квантовой теории поглощения. Фильтры.	-	-	8	[1-3]	Изучение рекомендуемой литературы	Письменный опрос, реферат, доклад
4.	Рассеяние рентгеновских лучей кристаллом. Уравнение Вульфа-Брэггов. Интерференционная функция Лауэ. Анализ интерференционной функции Лауэ. Основные и побочные максимумы, соотношение их интенсивностей. Условия интерференции, выраженные через вектор обратной решетки. Сфера Эвальда. Рассеяние рентгеновских лучей кристаллами со сложным базисом. Структурный фактор. Правила погасания. Расчет структурного фактора для простейших структур. Рассеяние рентгеновских лучей свободным электроном. Множитель Томпсона. Рассеяние рентгеновских лучей одноэлектронным атомом. Рассеяние рентгеновских лучей многоэлектронным атомом. Атомный	-	-	14	[1,4,8]	Изучение рекомендуемой литературы	Письменный опрос, реферат, доклад

	<p>фактор рассеяния.</p> <p>Влияние тепловых колебаний атомов на интенсивность рассеянного рентгеновского излучения. Фактор Дебая-Валлера. Определение амплитуды тепловых колебаний атомов из рентгеновских данных.</p> <p>Геометрический и абсорбционный факторы интенсивности рассеяния рентгеновского излучения. Фактор повторяемости.</p> <p>Кинематическая теория рассеяния рентгеновских лучей. Выражение для интенсивности рассеянного излучения в приближении кинематической теории. Понятие о динамической теории рассеяния рентгеновских лучей.</p> <p>Первичная и вторичная экстинкция.</p>						
5.	<p>Метод Лауэ. Возникновение интерференционной картины в методе Лауэ. Круг задач, решаемых с помощью метода Лауэ. Условия съемки лауэграмм и эпиграмм. Геометрия интерференционной картины. Гномоническая проекция. Зональные кривые. Особенности расположения пятен на лауэграммах. Определение ориентировки монокристалла по лауэграммам и эпиграммам.</p>	-	1	8	[1-5,10]	Изучение рекомендуемой литературы	Письменный опрос, реферат, доклад
6.	<p>Метод Дебая – Шерера. Возникновение интерференционной картины в методе Дебая. Индексирование дебаеграмм. Круг задач, решаемых с помощью метода Дебая.</p>			8	[1-5,10]	Изучение рекомендуемой литературы	Письменный опрос, реферат, доклад
7.	<p>Метод вращения. Геометрия интерференционной картины. Определение периода идентичности по рентгенограмме вращения. Индексирование рентгенограмм вращения.</p>			8	[1-5,10]	Изучение рекомендуемой литературы	Письменный опрос, реферат, доклад
8	<p>Методика определения размеров кристаллитов из анализа рентгеновских линий на дифрактограммах.</p> <p>Методика определения микронапряжений из анализа рентгеновских линий на дифрактограммах.</p> <p>Определение текстуры зерен в поликристаллических материалах</p>			8	[1-5,10, 12]	Изучение рекомендуемой литературы	Письменный опрос, реферат, доклад
9	<p>Электроннографический метод исследования структуры. Его достоинства и недостатки. Области применения.</p>	-	1	10	[6,11]	Изучение рекомендуемой литературы	Письменный опрос, реферат, доклад
10	<p>Нейтроннографический метод исследования структуры. Области его применения и особенности.</p>	-	-	9	[1,4]	Изучение рекомендуемой литературы	Письменный опрос, реферат, доклад
	Всего часов:	2	4	89			

