

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Утверждено:
на заседании кафедры
протокол № 3 от «19» января 2021 г.

Согласовано:
Председатель УМК ФТИ

Зав. кафедрой  /Балапанов М.Х.

 /Балапанов М.Х.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Кристаллография

Б1.В.04

Программа бакалавриата

Направление подготовки (специальность)

03.03.02 Физика

Направленность (профиль) подготовки

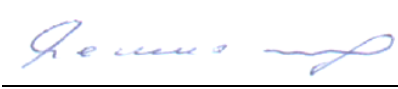
«Цифровые технологии в физике функциональных материалов»

Форма обучения

очная

Квалификация

бакалавр

<p>Разработчик (составитель) д. физ.-мат. наук, профессор (должность, ученая степень, ученое звание)</p>	<p> /<u>Якшибаев Р.А.</u> (подпись, Фамилия И.О.)</p>
--	---

Год приема: 2021

2021 г.

Составитель: д.ф.-м.н., профессор Якшибаев Р.А.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры общей физики, протокол № 3 от «19» января 2021 г.

Заведующий кафедрой



_____/_____/ Балапанов М.Х.

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры _____, протокол № _____ от «____» _____ 20__ г.

Заведующий кафедрой _____ / _____ Ф.И.О./

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры _____, протокол № _____ от «____» _____ 20__ г.

Заведующий кафедрой _____ / _____ Ф.И.О./

Список документов и материалов

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций 4
2. Цели и место дисциплины в структуре образовательной программы 5
3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся) 5(15)
4. Фонд оценочных средств по дисциплине 6
 - 4.1. Перечень компетенций и индикаторов достижения компетенций с указанием соотнесенных с ними запланированных результатов обучения по дисциплине. Описание критериев и шкал оценивания результатов обучения по дисциплине. 6
 - 4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценивания результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине. 10(18)
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины 13
 - 5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины 13
 - 5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы 13
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине 14

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций.

По итогам освоения дисциплины обучающийся должен достичь следующих результатов обучения:

Категория (группа) компетенций (при наличии ОПК)	Формируемая компетенция (с указанием кода)	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
	ПК-1: Способен планировать и проводить научные исследования по перспективным направлениям фундаментальной и прикладной физики, материаловедения и наукоемких технологий с применением современных приборов и методов исследований	ПК-1.1 Знать	Знать: историю развития кристаллографии как науки, основные понятия и положения кристаллографии, основные типы кристаллических структур и методы их описания, дефекты кристаллического строения, физику образования и методы выращивания кристаллов.
		ПК-1.3 Уметь	Уметь: - читать и понимать научную литературу по кристаллографии; - объяснять наблюдаемые физические свойства кристаллов на основе их структуры, установить связь между физическими свойствами твердых тел и их кристаллической структурой; - уметь управлять свойствами твердых тел путем изменения их кристаллической структуры и технологии синтеза; - определять основные направления технологического прогресса в области синтеза новых кристаллов.
		ПК-1.3 Владеть	Владеть: - навыками проведения экспериментов по определению основных характеристик кристаллической структуры твердых тел - навыками решения стандартных задач по кристаллографии. - навыками работы с научной и специальной литературой по кристаллографии.

2. Цели и место дисциплины в структуре образовательной программы

Учебная дисциплина «Кристаллография» входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений ОП.

Дисциплина изучается на 3 курсе в 5 семестре.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин:

Молекулярная физика

Химия

Термодинамика

Освоение данного раздела необходимо для дальнейшего изучения курсов по профилю «Физика конденсированного состояния вещества», таких как «физика металлов и сплавов», «физика реальных кристаллов», «физика полупроводников», для освоения магистерских курсов и написания бакалаврской и магистерской 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

Код и формулировка компетенции

ПК-1: Способен планировать и проводить научные исследования по перспективным направлениям фундаментальной и прикладной физики, материаловедения и наукоемких технологий с применением современных приборов и методов исследований

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 «Не удовлетворительно»	3 «Удовлетворительно»	4 «Хорошо»	5 «Отлично»
ПК-1.1 Знать	Знать: историю развития кристаллографии как науки,	Показывает полное незнание материала	Имеет значительн	Знает почти	Знает всё

	основные понятия и положения кристаллографии, основные типы кристаллических структур и методы их описания, дефекты кристаллического строения, физику образования и методы выращивания кристаллов.	или имеет фрагментарные знания небольшой части материала, допускает грубые ошибки	ые пробелы в знаниях, допускает существенные ошибки в ответах	всё, допускает незначительные ошибки в ответах	
ПК-1.3 Уметь	Уметь: - читать и понимать научную литературу по кристаллографии; - объяснять наблюдаемые физические свойства кристаллов на основе их структуры, установить связь между физическими свойствами твердых тел и их кристаллической структурой; - уметь управлять свойствами твердых тел путем изменения их кристаллической структуры и технологии синтеза; - определять основные направления технологического прогресса в области синтеза новых кристаллов.	Не умеет	Умеет, но допускает значительные ошибки	Умеет, допускает незначительные ошибки	Умеет в совершенстве
ПК-1.3 Владеть	Владеть: - навыками проведения экспериментов по определению основных характеристик кристаллической структуры твердых тел - навыками решения стандартных задач по кристаллографии. - навыками работы с научной и специальной литературой по кристаллографии.	Практически не владеет	Владеет слабо, допускает значительные ошибки	Владеет, допускает незначительные ошибки	Владеет в совершенстве

Критериями оценивания освоения компетенций являются баллы, которые выставляются преподавателем за виды деятельности (оценочные средства) по итогам изучения модулей (разделов дисциплины), перечисленных в рейтинг-плане дисциплины (Приложение №2).

4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценивания результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине.

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Оценочные средства
ПК-1.1 Знать	Знать: историю развития кристаллографии как науки, основные понятия и положения кристаллографии, основные типы кристаллических структур и методы их описания, дефекты кристаллического строения, физику образования и методы выращивания кристаллов.	Устный опрос Контрольная работа
ПК-1.3 Уметь	Уметь: - читать и понимать научную литературу по кристаллографии; - объяснять наблюдаемые физические свойства кристаллов на основе их структуры, установить связь между физическими свойствами твердых тел и их кристаллической структурой; - уметь управлять свойствами твердых тел путем изменения их кристаллической структуры и технологии синтеза; - определять основные направления технологического прогресса в области синтеза новых кристаллов.	Устный опрос Контрольная работа
ПК-1.3 Владеть	Владеть: - навыками проведения экспериментов по определению основных характеристик кристаллической структуры твердых тел - навыками решения стандартных задач по кристаллографии. - навыками работы с научной и специальной литературой по кристаллографии.	Контрольная работа

4.3 Рейтинг-план дисциплины

Рейтинг–план дисциплины представлен в Приложении № 2.

Экзаменационные билеты

Структура экзаменационного билета:

Билет состоит из двух теоретических вопросов. Образец экзаменационного билета предоставлен ниже.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет»

Физико-технический институт

Кафедра общей физики

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

по дисциплине «Кристаллография»

Направление 03.03.02 Физика

профиль «Цифровые технологии в физике функциональных материалов»

1. Пространственная решетка. Узел. Узловая прямая. Узловая плоскость. Индексы Миллера.
2. Дефекты кристаллов и их классификация.

«Утверждаю» _____

Зав. кафедрой ОФ, профессор М.Х. Балапанов

Вопросы к экзамену

1. История развития кристаллографии как науки. Элементы геометрической кристаллографии. Опытные законы кристаллографии. Внешний облик кристаллов.
2. Пространственная решетка. Узел. Узловая прямая. Узловая плоскость. Индексы Миллера. Элементарная ячейка и её параметры.
3. Обратная решётка. Основные свойства обратной решетки. Вывод основных формул структурной кристаллографии с использованием обратного пространства.
4. Преобразование индексов при изменении осей решетки.
5. Симметрия структуры кристаллов. Сингонии. Решетки Браве.
6. Кристаллографические проекции. Стереографическая, гномостереографическая и гномоническая проекция. Соотношение между ними. Сетки Вульфа, Болдырева, Закса.
7. Симметрия. Элементы симметрии континуума. Теоремы сочетания элементов симметрии. Графическое изображение элементов симметрии.
8. Классы симметрии и их обозначение по международной классификации симметрии кристаллов.
9. Элементы симметрии дисконтинуума. Фёдоровские пространственные группы. Общие соображения к их выводу.

10. Основные типы структур, их изображение. Принципы формирования таких структур. Кристаллохимия.
11. Экспериментальные методы определения кристаллических структур и их сравнительная характеристика.
12. Реальная структура кристаллов. Дефекты кристаллов и их классификация. Равновесные концентрации точечных дефектов. Стехиометрические дефекты.
13. Линейные дефекты (дислокации). Линейные и винтовые дислокации. Вектор Бюргерса. Роль дислокаций в формировании физических свойств кристаллов.
14. Рост кристаллов. Равновесная форма кристаллов. Механизмы кристаллизации. Методы выращивания монокристаллов.

В рамках использования модульно-рейтинговой системы обучения и оценки успеваемости студентов итоговая оценка знаний студента по дисциплине производится по сумме баллов, полученных в рамках текущего и рубежного контроля знаний, умений и навыков в течение семестра, и баллов, полученных на экзамене.

За работу в семестре студент получает до 80 баллов за выполнение заданий в рамках текущего и рубежного контроля. Для допуска к экзамену студент должен набрать в семестре не менее 35 баллов и выполнить курсовую работу.

Максимальное количество баллов, получаемое студентом на экзамене, составляет 30 баллов.

Перевод оценки из 100-балльной в четырехбалльную производится следующим образом:

- отлично – от 80 до 110 баллов;
- хорошо – от 60 до 79 баллов;
- удовлетворительно – от 45 до 59 баллов;
- неудовлетворительно – менее 45 баллов.

Критерии оценивания ответа на экзамене:

Максимальная оценка – 30 баллов складывается из оценки за ответ на теоретические вопросы билета (два вопроса оцениваются максимально по 9 баллов каждый), из оценки за решение задачи (6 баллов) и оценок за ответы на дополнительные вопросы (два вопроса, оцениваемых каждый в 3 балла максимально).

За ответы на вопросы билета выставляется

- **15-18 баллов**, если студент дал полные, развернутые ответы на все теоретические вопросы билета, продемонстрировал знание формул, терминологии, понимание физической сути явлений и экспериментов, умение последовательно и логично отвечать на вопросы билета в объеме рекомендованной литературы.

Студент без затруднений ответил на уточняющие вопросы преподавателя по материалам билета.

- **10-14 баллов** выставляется студенту, если студент раскрыл без серьезных ошибок оба теоретических вопроса, однако показал пробелы в знаниях 20-25 % объема билета. Не на все уточняющие вопросы были даны корректные ответы.

- **5-9 баллов** выставляется студенту, если даны ответы на оба теоретических вопроса в объеме 35-50 % от полного ответа. Студентом допущено несколько существенных ошибок в толковании основных понятий, законов и формул, описании

основных экспериментов. Студент не дает удовлетворительных ответов на уточняющие вопросы по билету.

- **1-4 балла** выставляется студенту, если ответ на теоретические вопросы свидетельствует о непонимании и крайне неполном знании основных понятий, законов и экспериментов, или полностью отсутствует ответ на один вопрос и допущены серьезные ошибки и пробелы при ответе на второй вопрос. На уточняющие вопросы по билету не получены ответы или ответы на них в корне ошибочны.

За ответ на дополнительный вопрос на экзамене выставляется:

- 3 балла, если студент дал исчерпывающе полный и правильный ответ;

- 2 балла, если ответ верен, но дан не в полном объеме учебной программы, или содержит незначительные ошибки;

- 1 балл, если ответ на вопрос дан, но содержит серьезные ошибки или большие пробелы в изложении;

- 0 баллов, если студент не ответил или ответил в корне неверно.

4.4. Примеры заданий для самостоятельной работы студентов

1. Выписать для простой кубической решетки индексы Миллера (hkl) и определить соответствующие плоскости.
2. Составить таблицы формул структурной кристаллографии для различных сингоний.
3. Нарисовать объемную картину перехода от гексагональной к ромбической решетке.
4. Нарисовать 14 типов решеток Бравэ.
5. Найти проекции плоскостей по координатам ρ и φ .
6. Практически изучить природные кристаллы, определить классы симметрии и другие характеристики.
7. Выписать операции симметрии класса $m\bar{3}m$.
8. Определить координаты атомов для основных типов структур.
9. Сравнить достоинства и недостатки методов РСА и нейтронографии.
10. Изучить термодинамические аспекты возникновения дефектов.
11. Изучить влияние дислокаций на механические свойства.
12. Вырастить монокристаллы NaCl.

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

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

Основная литература:

1. Шаскольская М. П. Кристаллография. - М.: Высшая школа, 2008 г.
2. [Четверикова, А. Г.](#) Кристаллография [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. Г. Четверикова. — Оренбург : Оренбургский государственный университет, 2012. — 104 с. — Доступ к тексту электронного издания возможен через Электронно-библиотечную систему "Университетская библиотека online". — <URL:<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=260745&sr=1>>.

Дополнительная литература:

2. Костов И. Кристаллография. - М.: Мир.2005.
3. Бокий Г. Б. Кристаллохимия. - М.: Наука, 1971 г.
4. Келли А., Гровс Г. Кристаллография и дефекты в кристаллах. - М.: Мир, 1974 г.
5. Най Дж. Физические свойства кристаллов. - Иностранная литература, 1960 г.

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

1. Электронная библиотечная система. ЭБ БашГУ. — Собственная электронная библиотека учебных и научных электронных изданий, которая включает издания преподавателей БашГУ. Авторизованный доступ по паролю из любой точки сети Интернет. Регистрация в Библиотеке БашГУ, дальнейший доступ из любой точки сети Интернет. — <https://elib.bashedu.ru/>
2. Электронная библиотечная система .Университетская библиотека онлайн. — Полнотекстовая БД учебных и научных электронных изданий. Авторизованный доступ по паролю из любой точки сети Интернет. Регистрация в Библиотеке БашГУ, дальнейший доступ из любой точки сети Интернет. — <https://biblioclub.ru/>
3. Электронная библиотечная система издательства .Лань. — Полнотекстовая БД учебных и научных электронных изданий. Авторизованный доступ по паролю из любой точки сети Интернет. Регистрация в Библиотеке БашГУ, дальнейший доступ из любой точки сети Интернет. — <https://e.lanbook.com/>
4. Электронный каталог Библиотеки БашГУ — Справочно-поисковый аппарат библиотеки. Включает в себя систему каталогов и картотек, справочно-библиографический фонд. — <http://www.bashlib.ru/catalogi/>

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

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятий	Наименование оборудования, программного обеспечения
1	2	3
Учебная аудитория для проведения занятий: аудитории № 324 или №318.	Лекции	Доска, компьютер, мультимедийный проектор ,экран Программное обеспечение: 1. Windows 8 Russian. Windows Professional 8 Russian Upgrade. Лицензия OLP NL Academic Edition, бессрочная. Договор № 104 от 17.06.2013 г. 2. Microsoft Office Standard 2013 Russian. Лицензия OLP NL Academic Edition, бессрочная. Договор № 114 от 12.11.2014 г.
Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа: аудитории №324 или № 318	Практические занятия	Доска, компьютер, мультимедийный проектор ,экран
Читальный зал №2 (корпус физмата, 2 этаж)	Самостоятельная работа	Научный и учебный фонд, научная периодика, Wi-Fi доступ для мобильных устройств, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 50.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФИЗИКО - ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

дисциплины « Кристаллография»

на 5 семестр
(наименование дисциплины)

очная

форма обучения

Вид работы	Объем дисциплины
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	2/72
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	37,2
лекций	18
практических занятий	18
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	1,2
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	7.8
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету дифференцированному (Контроль)	27

Форма контроля:

экзамен 5 семестр

№ п.п.	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)			Основная и дополнительная литература, рекомендуемая студентам (номера из списка)	Задания по самостоятельной работе студентов (СРС)	Форма текущего контроля успеваемости
		ЛК	ПР/СЕМ	СР +контроль			
1	2	3	4	6	7	8	9
Модуль 1.							
1.	История развития кристаллографии как науки. Элементы геометрической кристаллографии. Опытные законы кристаллографии. Внешний облик кристаллов.	1	-	2	1, 2		Устный опрос
2.	Пространственная решетка. Узел. Узловая прямая. Узловая плоскость. Индексы Миллера. Элементарная ячейка и её параметры.	1	1	2	1, 2		Контрольная работа
3.	Обратная решётка. Основные свойства обратной решетки. Вывод основных формул структурной кристаллографии с использованием обратного пространства.	2	2	4	1, 2		Устный опрос
4.	Преобразование индексов при изменении осей решетки.	1	1	2	1, 2		Контрольная работа
5.	Симметрия структуры кристаллов. Сингонии. Решетки Браве.	1	-	2	1, 2		Устный опрос
6.	Кристаллографические проекции. Стереографическая, гномостереографическая и гномоническая проекции. Соотношение между ними. Сетки Вульфа, Болдырева, Закса.	2	2	2	1, 2		Контрольная работа
Модуль 2.							
7.	Симметрия. Элементы симметрии континуума. Теоремы сочетания элементов симметрии. Графическое изображение элементов симметрии.	1	2	2	1		Устный опрос
8.	Классы симметрии и их обозначение по международной классификации симметрии кристаллов.	1	-	2	1		Контрольная работа

9.	Элементы симметрии дисконтинуума. Фёдоровские пространственные группы. Общие соображения к их выводу.	1	-	2	1, 5		Устный опрос
10.	Основные типы структур, их изображение. Принципы формирования таких структур. Кристаллохимия.	2	2	2	1, 3		Контрольная работа
Модуль 3.							
11.	Экспериментальные методы определения кристаллических структур и их сравнительная характеристика.	1	2	2, 8	1, 3		Устный опрос
12.	Реальная структура кристаллов. Дефекты кристаллов и их классификация. Равновесные концентрации точечных дефектов. Стехиометрические дефекты.	1	2	2	1, 2, 4		Контрольная работа
13.	Линейные дефекты (дислокации). Линейные и винтовые дислокации. Вектор Бюргера. Роль дислокаций в формировании физических свойств кристаллов.	2	2	4	1, 4		Устный опрос
14.	Рост кристаллов. Равновесная форма кристаллов. Механизмы кристаллизации. Методы выращивания монокристаллов.	1	2	4	1, 2		Устный опрос
Всего часов:		18	18	34,8			

Рейтинг – план дисциплины**«Кристаллография»**

(название дисциплины согласно рабочему учебному плану)

Специальность 03.05.02 Фундаментальная и прикладная физика

профиль «Физика и технология функциональных материалов »

курс 3, семестр 5

Виды учебной деятельности студентов	Балл за конкретное задание	Число заданий за семестр	Баллы	
			Минимальный	Максимальный
Модуль 1.				
Текущий контроль				
1. Устный опрос	8	2	0	16
Рубежный контроль				
1. Контрольная работа	14	1	0	14
Модуль II.				
Текущий контроль				
1. Устный опрос	8	2	0	16
Рубежный контроль				
1. Контрольная работа	14	1	0	14
Модуль III.				
Текущий контроль				
3. Устный опрос	6	2	0	12
Рубежный контроль				
1. Контрольная работа	1	1	0	8
Поощрительные баллы				
Участие в научных конференциях			0	10
Итого поощрительных баллов			0	10
Посещаемость (баллы вычитаются из общей суммы набранных баллов)				
1. Посещение лекционных занятий			0	-6
2. Посещение практических занятий			0	-10
Итоговый контроль				
Экзамен	9 (вопрос билета)	2 вопроса	Макс. 18 б.	30
	3 (доп. вопрос)	2	Макс. 6 б.	
	6 (задача)	1	Макс. 6 б.	