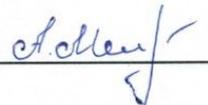


ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ИНЖЕНЕРНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ

Утверждено:  
на заседании кафедры технической химии и  
материаловедения протокол № 29 от  
21.06.2019 г.

Согласовано:  
Председатель УМК факультета

Зав. кафедрой  /Мухамедзянова А.А.



/ Мельникова А.Я.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Дисциплина Кристаллохимия

Часть, формируемая участниками образовательных отношений, дисциплина по выбору  
Б1.В.ДВ.04.01

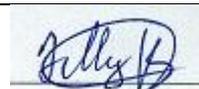
**программа бакалавриата**

Направление подготовки (специальность)  
04.03.02 – Химия, физика и механика материалов

Направленность (профиль) подготовки  
Современные материалы для медицины и промышленности

Квалификация  
бакалавр

Разработчик (составитель)  
доцент, к.х.н.



/ Мурзагулова Э.И.

Для приема: 2019 г.

Уфа 2020 г.

Составитель / составители: к.х.н., доцент кафедры ТХМ  / Мурзагулова Э.И.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры технической химии и материаловедения протокол от «21» июня 2019 г. № 29.

Заведующий кафедрой



/ Мухамедзянова А.А.

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры обновлены темы рефератов, базы данных и программное обеспечение, протокол № 13 от «21» апреля 2020 г.

Заведующий кафедрой



/ Мухамедзянова А.А.

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./

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. Цель 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)  | 6  |
| 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. | 8  |
| 5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины   | 15 |
| 5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины  | 15 |
| 5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы  | 15 |
| 6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине   | 16 |

# 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  |
|--|--|--|--|
| Профессиональные навыки                          | ПК-6. Способность использовать общие представления о структуре химико-технологических систем и типовых химико-технологических процессов и производств для анализа взаимодействия технологий и окружающей среды | ПК-6.1. Знать общие представления о структуре химико-технологических систем и типовых химико-технологических процессов и производств | Знать свойства кристаллов. Зависимость свойств кристаллов от их строения. Теорию симметрии молекул. Взаимосвязь симметрии молекулы и ее оптических и магнитных свойств. Теорию симметрии кристаллов. Кристаллографические системы координат. Возможные и действительные грани кристаллов. Закон целых чисел. Индексы Миллера. Кристаллографические категории и системы (сингонии) кристаллов. Основы рентгеновской спектроскопии, устройство рентгеновской трубки. Основные дифракционные методы исследования кристаллов: метод порошка (метод Дебая); метод вращения монокристалла. |
|  |  | ПК-6.2. Уметь - использовать полученные знания при реализации типовых химико-технологических процессов                               | Уметь определять симметрию молекул: определять элементы симметрии, присущие молекуле, определять точечную группу симметрии молекулы. Использовать теорию симметрии для предсказания наличия у молекулы оптических свойств и дипольного момента. Определять тип кубической кристаллической решетки. Находить индексы граней кубических решеток. Вычислять параметры элементарных ячеек, межплоскостные расстояния. Определять углы, при которых происходит отражение рентгеновских лучей от плоскостей раз-   |

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
|  |  |  | <i>личного типа в кристаллах.</i>  |
|  |  | <i>ПК-6.3. Владеть навыками теоретического анализа возможного взаимодействия технологий и окружающей среды</i> | <i>Владеть навыками определения групп симметрии молекул, использования теории симметрии молекул. Навыками индцирования плоскостей, расчета параметров элементарных ячеек, межплоскостных расстояний в кубических кристаллах различного типа. Навыками вычисления углов, при которых происходит отражение рентгеновских лучей от плоскостей различного типа в кристаллах.</i> |

## 2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Кристаллохимия» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений.

Дисциплина изучается на 2 курсе в 4 семестре.

Цели изучения дисциплины: целями освоения дисциплины «Кристаллохимия» являются изучение студентами атомного строения кристаллов, зависимости физических и химических свойств от их состава и строения, формирование умения предсказать поведение кристаллических веществ при внешних воздействиях.

Дисциплина «Кристаллохимия» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Образовательной программы бакалавриата по направлению «Химия, физика и механика материалов» направленности (профилю) подготовки «Современные материалы для медицины и промышленности» и является дисциплиной по выбору Она находится в логической взаимосвязи с другими частями ОП. Используется приобретенная в результате освоения дисциплин, входящих в обязательную часть ОП способность к обобщению научных результатов, к обработке данных эксперимента, работе с отечественными и зарубежными научными источниками, коммуникабельность при работе в коллективе. Навыки в информатике, владение математическим инструментом применяются при решении научно-исследовательских задач.

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

1. общая химия (периодический закон Д.И. Менделеева, строение атома, химическая связь и валентность);
2. неорганическая химия (свойства и строение элементов);
3. органическая химия (стереохимия, классификация органических соединений);
4. математика (векторная алгебра, тензоры, высшая геометрия);
5. современная физическая химия (строение атома, электронное строение молекулы).

Изучение дисциплины структурная химия и кристаллохимия необходимо для последующего изучения дисциплины «Органическая химия», «Специальные главы органической химии».

### 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 и индикаторов достижения компетенций с указанием соотношенных с ними запланированных результатов обучения по дисциплине. Описание критериев и шкал оценивания результатов обучения по дисциплине.

ПК-6 Способность использовать общие представления о структуре химико-технологических систем и типовых химико-технологических процессов и производств для анализа взаимодействия технологий и окружающей среды

| Код и наименование индикатора достижения компетенции   | Результаты обучения по дисциплине  | Критерии оценивания результатов обучения  |  |
|--|--|---|--|
|  |  | Не зачтено  | Зачтено  |
| ПК-6.1. Знать общие представления о структуре химико-технологических систем и типовых химико-технологических процессов и производств | Знать:<br>Свойства кристаллов. Зависимость свойств кристаллов от их строения.<br>Теорию симметрии молекул. Взаимосвязь симметрии молекулы и ее оптических и магнитных свойств.<br>Теорию симметрии кристаллов. Кристаллографические системы координат. Возможные и действительные грани кристаллов. Закон целых чисел. Индексы Миллера. Кристаллографические категории и системы (сингонии) кристаллов. Основы рентгеновской спектроскопии, устройство рентгеновской трубки. Основные дифракционные методы исследования кристаллов: метод порошка (метод Дебая); метод вращения монокристалла. | Не знает:<br>Свойства кристаллов. Зависимость свойств кристаллов от их строения.<br>Теорию симметрии молекул. Взаимосвязь симметрии молекулы и ее оптических и магнитных свойств.<br>Теорию симметрии кристаллов. Кристаллографические системы координат. Возможные и действительные грани кристаллов. Закон целых чисел. Индексы Миллера. Кристаллографические категории и системы (сингонии) кристаллов. Основы рентгеновской спектроскопии, устройство рентгеновской трубки. Основные дифракционные методы исследования кристаллов: метод порошка (метод Дебая); метод вращения монокристалла. | Знает:<br>Свойства кристаллов. Зависимость свойств кристаллов от их строения.<br>Теорию симметрии молекул. Взаимосвязь симметрии молекулы и ее оптических и магнитных свойств.<br>Теорию симметрии кристаллов. Кристаллографические системы координат. Возможные и действительные грани кристаллов. Закон целых чисел. Индексы Миллера. Кристаллографические категории и системы (сингонии) кристаллов. Основы рентгеновской спектроскопии, устройство рентгеновской трубки. Основные дифракционные методы исследования кристаллов: метод порошка (метод Дебая); метод вращения монокристалла. |
| ПК-6.2. Уметь - использовать полученные  | Уметь:<br>Определять симметрию молекул: определять   | Не умеет:<br>Определять симметрию молекул: опреде-  | Умеет:<br>Определять симметрию молекул: опреде-  |

|  |   |  |  |
|--|---|--|--|
| <p>знания при реализации типовых химико-технологических процессов</p>  | <p>элементы симметрии, присущие молекуле, определять точечную группу симметрии молекулы. Использовать теорию симметрии для предсказания наличия у молекулы оптических свойств и дипольного момента. Определять тип кубической кристаллической решетки. Находить индексы граней кубических решеток. Вычислять параметры элементарных ячеек, межплоскостные расстояния. Определять углы, при которых происходит отражение рентгеновских лучей от плоскостей различного типа в кристаллах.</p> | <p>лять элементы симметрии, присущие молекуле, определять точечную группу симметрии молекулы. Использовать теорию симметрии для предсказания наличия у молекулы оптических свойств и дипольного момента. Определять тип кубической кристаллической решетки. Находить индексы граней кубических решеток. Вычислять параметры элементарных ячеек, межплоскостные расстояния. Определять углы, при которых происходит отражение рентгеновских лучей от плоскостей различного типа в кристаллах.</p> | <p>лять элементы симметрии, присущие молекуле, определять точечную группу симметрии молекулы. Использовать теорию симметрии для предсказания наличия у молекулы оптических свойств и дипольного момента. Определять тип кубической кристаллической решетки. Находить индексы граней кубических решеток. Вычислять параметры элементарных ячеек, межплоскостные расстояния. Определять углы, при которых происходит отражение рентгеновских лучей от плоскостей различного типа в кристаллах.</p> |
| <p>ПК-6.3. Владеть навыками теоретического анализа возможного взаимодействия технологий и окружающей среды</p> | <p>Владеть: Навыками определения групп симметрии молекул, использования теории симметрии молекул. Навыками индцирования плоскостей, расчета параметров элементарных ячеек, межплоскостных расстояний в кубических кристаллах различного типа. Навыками вычисления углов, при которых происходит отражение рентгеновских лучей от плоскостей различного типа в кристаллах.</p>   | <p>Не владеет: Навыками определения групп симметрии молекул, использования теории симметрии молекул. Навыками индцирования плоскостей, расчета параметров элементарных ячеек, межплоскостных расстояний в кубических кристаллах различного типа. Навыками вычисления углов, при которых происходит отражение рентгеновских лучей от плоскостей различного типа в кристаллах.</p>   | <p>Владеет: Навыками определения групп симметрии молекул, использования теории симметрии молекул. Навыками индцирования плоскостей, расчета параметров элементарных ячеек, межплоскостных расстояний в кубических кристаллах различного типа. Навыками вычисления углов, при которых происходит отражение рентгеновских лучей от плоскостей различного типа в кристаллах.</p>  |

**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-6.1. Знать общие представления о структуре химико-технологических систем и типовых химико-технологических процессов и производств | <p>Знать:</p> <p>Свойства кристаллов. Зависимость свойств кристаллов от их строения.</p> <p>Теорию симметрии молекул. Взаимосвязь симметрии молекулы и ее оптических и магнитных свойств.</p> <p>Теорию симметрии кристаллов. Кристаллографические системы координат. Возможные и действительные грани кристаллов. Закон целых чисел. Индексы Миллера. Кристаллографические категории и системы (сингонии) кристаллов. Основы рентгеновской спектроскопии, устройство рентгеновской трубки. Основные дифракционные методы исследования кристаллов: метод порошка (метод Дебая); метод вращения монокристалла.</p> | Решение задач, коллоквиум         |
| ПК-6.2. Уметь - использовать полученные знания при реализации типовых химико-технологических процессов                               | <p>Уметь:</p> <p>Определять симметрию молекул: определять элементы симметрии, присущие молекуле, определять точечную группу симметрии молекулы. Использовать теорию симметрии для предсказания наличия у молекулы оптических свойств и дипольного момента. Определять тип кубической кристаллической решетки. Находить индексы граней кубических решеток. Вычислять параметры элементарных ячеек, межплоскостные расстояния. Определять углы, при которых происходит отра-</p>  | Решение задач, контрольная работа |

|   |   |                                   |
|---|---|-----------------------------------|
|   | жение рентгеновских лучей от плоскостей различного типа в кристаллах.   |                                   |
| ПК-6.3. Владеть навыками теоретического анализа возможного взаимодействия технологий и окружающей среды | Владеть:<br>Навыками определения групп симметрии молекул, использования теории симметрии молекул. Навыками индцирования плоскостей, расчета параметров элементарных ячеек, межплоскостных расстояний в кубических кристаллах различного типа. Навыками вычисления углов, при которых происходит отражение рентгеновских лучей от плоскостей различного типа в кристаллах. | Решение задач, контрольная работа |

Критериями оценивания при *модульно-рейтинговой системе* являются баллы, которые выставляются преподавателем за виды деятельности (оценочные средства) по итогам изучения модулей (разделов дисциплины), перечисленных в рейтинг-плане дисциплины (*для зачета*: текущий контроль – максимум 50 баллов; рубежный контроль – максимум 50 баллов, поощрительные баллы – максимум 10).

Шкалы оценивания:

зачтено – от 60 до 110 рейтинговых баллов (включая 10 поощрительных баллов),  
не зачтено – от 0 до 59 рейтинговых баллов).

## Рейтинг – план дисциплины

### Кристаллохимия

Направление подготовки: 04.03.02 Химия, физика и механика материалов

Направленность (профиль) подготовки: Современные материалы для медицины и промышленности

курс 2, семестр 4

| Виды учебной деятельности студентов                                    | Балл за конкретное задание | Число заданий за семестр | Баллы       |              |
|--|----------------------------|--------------------------|-------------|--------------|
|  |                            |                          | Минимальный | Максимальный |
| <b>Модуль 1: теория симметрии</b>                                      |                            |                          |             |              |
| <b>Текущий контроль:</b>   |                            |                          |             | <b>25</b>    |
| 1. Аудиторная работа: активная работа на семинарах, решение задач      | 1                          | 5                        | 0           | 5            |
| 2. Тестовый контроль: коллоквиум                                       | 10                         | 2                        | 10          | 20           |
| <b>Рубежный контроль:</b>  |                            |                          |             | <b>25</b>    |
| 1. Письменная контрольная работа                                       | 25                         | 1                        | 20          | 25           |
| <b>Модуль 2: систематика и методы исследования кристаллов</b>          |                            |                          |             |              |
| <b>Текущий контроль:</b>   |                            |                          |             | <b>25</b>    |
| 1. Аудиторная работа: активная работа на семинарах, решение задач      | 1                          | 5                        | 0           | 5            |
| 2. Тестовый контроль: коллоквиум                                       | 10                         | 2                        | 10          | 20           |
| <b>Рубежный контроль:</b>  |                            |                          |             | <b>25</b>    |
| 1. Письменная контрольная работа                                       | 25                         | 1                        | 20          | 25           |
| <b>Поощрительные баллы:</b>  |                            |                          |             | <b>10</b>    |
| <b>Посещаемость (баллы вычитаются из общей суммы набранных баллов)</b> |                            |                          |             |              |
| 1. Посещение лекционных занятий  |                            |                          | <b>0</b>    | <b>-6</b>    |
| 2. Посещение практических (семинарских, лабораторных занятий)          |                            |                          | <b>0</b>    | <b>-10</b>   |
| <b>Итоговый контроль</b>   |                            |                          |             |              |
| Зачет  |                            |                          |             |              |
| <b>Всего:</b>  |                            |                          |             | <b>110</b>   |

## Задачи

Предназначены для текущей проверки умений применять полученные знания для решения задач по изученной теме, а также для выполнения домашних заданий с целью усвоения и закрепления пройденного материала.

### Примеры задач:

1. Определите все элементы симметрии молекулы воды. Покажите, используя теорию симметрии, что молекула воды может быть полярной.
2. Установите наличие оси собственного вращения в молекуле аммиака, определите элементарный угол поворота и порядок этой оси.
3. Определите все элементы симметрии молекулы бензола. Покажите, используя теорию симметрии, что молекула бензола не может быть полярной.
4. Докажите, что в молекуле метана присутствует такой элемент симметрии как ось несобственного вращения. Установите порядок этой оси.
5. Определите все элементы симметрии молекулы гексафторида серы. Покажите, используя теорию симметрии, что молекула гексафторида серы не может быть оптически активной (хиральной)
6. ...

### Критерии оценки (в баллах):

- 1 балл выставляется студенту, если студент самостоятельно решил поставленную задачу, используя формулы и законы по изученной теме материала, допуская небольшие неточности;

- 0 баллов выставляется студенту, если студент не справился с задачей, продемонстрировав незнание пройденного материала.

## Коллоквиум

В ходе коллоквиума осуществляется беседа преподавателя со студентом по вопросам пройденной темы, с целью определения знаний студента. Коллоквиум может служить формой не только проверки, но и повышения знаний студентов.

### Примерные вопросы к коллоквиумам:

#### Коллоквиум № 1

1. Дайте определение понятию «операция симметрии», каким фигурам присущи открытые операции, каким – закрытые?
2. Что такое поворотная ось симметрии? Что определяет порядок оси? Какой угол поворота вокруг оси симметрии называется элементарным?
3. Что такое ось несобственного вращения? Каким элементам симметрии эквивалентны оси несобственного вращения 1-го и 2-го порядков?
4. ...

#### Коллоквиум № 2

1. Что такое ряд, параметр ряда, сетка, ячейка решетки, кристаллическая решетка? Что такое трансляция?
2. Что такое простая форма? Что такое моноэдр? Какие простые формы называются общими и частными? Что такое закрытые и открытые простые формы? Какие простые формы вы знаете?

3. Сформулируйте закон целых чисел. Какую грань называют единичной? Что называют индексами Миллера, как их определяют?
4. Какие элементы симметрии называют открытыми? Какие закрытыми? Назовите их и опишите, какие симметрические операции им соответствуют.
5. Чем отличаются кристаллографические системы координат от декартовых? Как выбираются кристаллографические системы координат?
6. Какие категории кристаллов вы знаете? На какие сингонии подразделяются эти категории?
7. Как определяются металлические, ковалентные и ионные радиусы? От чего они зависят?
8. ...

#### Коллоквиум № 3

1. Опишите устройство и принцип работы рентгеновской трубки.
2. При каких условиях с помощью рентгеновской трубки можно получить монохроматическое, характеристическое излучение? От чего зависит их состав?
3. Приведите условия дифракции рентгеновских лучей на кристаллах. При каком условии будет наблюдаться отражение рентгеновских лучей от набора плоскостей с индексами  $hkl$ . Какое уравнение связывает между собой расстояние между плоскостями в кристалле и углом, при котором происходит отражение рентгеновских лучей с длиной волны  $\lambda$ ?
4. Опишите такой метод рентгеноструктурного анализа, как метод вращения. В каких случаях его используют, что он позволяет установить?
5. ...

#### Коллоквиум № 4

1. Как происходит чередование слоев в гексагональной плотнейшей упаковке? Сколько слоев в ней выделяют?
2. Как происходит чередование слоев в кубической плотнейшей упаковке? Сколько слоев в ней выделяют?
3. Какие типы пустот, имеющихся в плотнейших упаковках, вы знаете? Сколько и каких пустот приходится на каждый атом в упаковке? Каким образом происходит укладка ионов в ионных кристаллах? Какие ограничения накладываются на размеры ионов, заполняющих различные пустоты?
4. Что такое полиморфизм? При каких температурах устойчивы более плотно упакованные структуры, а при каких – менее? Как обозначаются различные полиморфные модификации одного и того же вещества?
5. На какие группы подразделяются полиморфные превращения, которые происходят при изменении температуры, но при постоянном давлении? Как соотносится точка перехода из одной модификации в другую с температурой плавления вещества?
6. Перечислите структурные типы полиморфных превращений.
7. ...

#### **Критерии оценки (в баллах):**

- 8-10 баллов выставляется студенту, если на все вопросы даны полные и исчерпывающие ответы;

- 6-8 баллов выставляется студенту, если на все вопросы даны не полные ответы;
- 3-5 баллов выставляется студенту, если не на все вопросы даны полные ответы;
- 0-2 балл выставляется студенту, если не на все вопросы даны ответы.

### Контрольная работа

Описание контрольной работы:

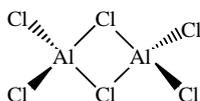
Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу, состоит из небольшого количества средних по трудности вопросов, задач или заданий, требующих поиска обоснованного ответа.

Пример варианта контрольной работы № 1:

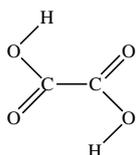
#### ВАРИАНТ № 1

Определите все элементы симметрии следующих молекул. Установите, к каким точечным группам симметрии они относятся, а также оцените их полярность и хиральность.

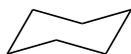
а)



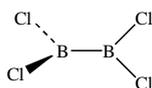
б)



в)



г)



Пример варианта контрольной работы № 2:

#### Вариант 1

- На порошковой рентгенограмме молибдена отражения наблюдается под углами 20,25; 29,30; 36,82; 43,81; 50,69; 58,00; 66,30° и под большими углами, когда используется излучение меди (длина волны равна 1,5405 Å). а) В какой кубической решетке кристаллизуется молибден? б) Каково ребро элементарной ячейки? в) Какова плотность молибдена?
- Алюминий образует гранецентрированные кубические кристаллы; ребро элементарной ячейки равно 4,050 Å при 25°C. Вычислить: а) плотность алюминия при этой температуре; б) расстояния между плоскостями (300), (220) и (111).
- Кристаллы хлористого, бромистого и йодистого цезия имеют примитивную кубическую, а не взаимоприкающую гранецентрированную решетку, как все галогениды щелочных металлов. Ребро элементарной ячейки CsCl равно 4,121 Å.
  - Какова плотность CsCl?
  - Вычислить радиус Cs<sup>+</sup>, предположив, что ионы касаются по диагонали элементарной ячейки и что радиус иона Cl<sup>-</sup> равен 1,81 Å.

4. Кристалл вольфрама имеет объемноцентрированную кубическую решетку. Зная, что плотность вольфрама составляет  $19,3 \text{ г/см}^3$  вычислить:

а) ребро элементарной ячейки;

б)  $d_{200}$ ,  $d_{110}$  и  $d_{222}$ .

#### Описание методики оценивания:

Подготовленная и оформленная в соответствии с требованиями контрольная работа оценивается по следующим критериям:

- знания и умения на уровне требований стандарта данной дисциплины: знание фактического материала, усвоение общих понятий;

#### **Критерии оценки (в баллах):**

- 20-25 баллов выставляется студенту, если студент самостоятельно и правильно решил все задачи варианта, используя формулы и законы по изученной теме материала, могут быть допущены небольшие неточности;

- 15-19 баллов выставляется студенту, если студент самостоятельно и правильно решил большую часть задач варианта, используя формулы и законы по изученной теме материала;

- 14-10 баллов выставляется студенту, если студент самостоятельно и правильно решил половину задач варианта, используя формулы и законы по изученной теме материала; допустил несколько существенных ошибок. Заметны пробелы в знании материала;

- 0-9 баллов выставляется студенту, если студент самостоятельно и правильно решил менее половины задач варианта, используя формулы и законы по изученной теме материала; допустил несколько существенных ошибок. Заметны пробелы в знании материала.

**5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**  
**5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой**  
**для освоения дисциплины**

**Основная литература:**

1. Егоров-Тисменко Ю.К. Кристаллография и кристаллохимия: учебник. — М.: КДУ, 2005. — 592 с.: ил.
2. Бокий Г.Б. Кристаллохимия. М.: Наука, 1971. 400 с.
3. Сизова О.В., Иванова Н.В., Ванин А.А. Молекулярная симметрия в неорганической и координационной химии: учебное пособие. — 2-е изд., перераб. И доп. — СПб.: Лань, 2016 . — 276 с. Доступ к тексту электронного издания возможен через Электронно-библиотечную систему «Лань»: [https://e.lanbook.com/book/76285?category\\_pk=3868#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/76285?category_pk=3868#book_name) .
4. Адеева Л.Н., Диденко Т.А. Кристаллография и кристаллохимия: практикум для студентов химического факультета. Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского, 2013. 44 с. Доступ к тексту электронного издания возможен через Электронно-библиотечную систему «Лань» [https://e.lanbook.com/book/75422?category\\_pk=3868#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/75422?category_pk=3868#book_name)

**Дополнительная литература:**

1. Камышов В.М., Мирошникова Е.Г., Татауров В.П. Строение вещества : учебное пособие 3-е изд., испр. И доп. — СПб.: Лань, 2018. — 236 с. Доступ к тексту электронного издания возможен через Электронно-библиотечную систему «Лань»: <https://e.lanbook.com/book/105983>
2. Строение вещества. Строение кристаллов [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. — 35 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/52473> . — Загл. с экрана.
3. Зоркий П.М. Симметрия молекул и кристаллических структур. М. Изд-во МГУ, 1986. 232 с.
4. Зоркий П.М. Задачник по кристаллохимии и кристаллографии. М.: Изд-во МГУ, 1981. 40с.
5. Кемпбел Дж. Современная общая химия: в 3 т. М. Мир, 1985. Т. 1.

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

*Интернет ресурсы:*

1. Научная электронная библиотека: <http://www.elibrari.ru>
2. Российская государственная библиотека: <http://www.rsl.ru>
3. Библиотека МГУ им. М.В. Ломоносова: <http://www.lib.msu.su/>
4. Электронно-библиотечная система Znanium.com: <http://znanium.com/index.php/>
5. Библиотека БашГУ: [www.bashlib.ru](http://www.bashlib.ru)
6. <http://chembaby.com/wp-content/uploads/2014/06/xrd.pdf>
7. <http://chembaby.com/uchebnye-materialy/xim/4-kurs/kristalloximiya/>
8. <http://crystchem.ru/programs.htm>
9. <http://icchair.niic.nsc.ru/files.shtml>
10. <https://studfiles.net/preview/1976359/>

*Программное обеспечение:*

1. Пакет офисных приложений профессионального уровня OfficeProfessionalPlus 2013 RussianOLPNLAcademicEdition № 0301100003613000104-1 от 17.06.2013 г.
2. Серверная операционная система Windows Server Standard 2012 Russian OLP NL AcademicEdition 2Proc № 0301100003613000104-1 от 17.06.2013 г.
3. Операционная система для персонального компьютера Win SL & Russian OLP NL AcademicEdition Legalization GetGenuine № 0301100003613000104-1 от 17.06.2013 г.
4. Обновление операционной системы для персонального компьютера WindowsProfessional 8 RussianUpgradeOLPNLAcademicEdition № 0301100003613000104-1 от 17.06.2013 г.
5. Desktop Education ALNG LicSAPk OLVS E 1Y Academic Enterprise № 0301100003613000104-1 от 17.06.2013 г.
6. Система электронного тестирования на базе Moodle <http://moodle.bashedu.ru/course/view.php?id=2841> (afferte).

**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.<br>Реквизиты подтверждающего документа   |
|---|---|---|
| <b>1. учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа:</b><br>аудитория № 208 (учебный корпус, ул. Мингажева, 100)                                      | <i>Лекции</i>   | <b>Аудитория № 208</b><br>Учебная мебель, доска,<br>Проектор Nec M361X(M361XG) LCD 3600Lm XGA (1024x768) 3000:1, экран ScreenMedia Economy-P 1:1 180x180см Matte White, аудиосистема, ноутбук Samsung   |
| <b>2. учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа:</b><br>аудитория № 208 (учебный корпус, ул. Мингажева, 100)                                     | <i>Практические занятия</i>   | <b>Аудитория № 208</b><br>Учебная мебель, доска,<br>Проектор Nec M361X(M361XG) LCD 3600Lm XGA (1024x768) 3000:1, экран ScreenMedia Economy-P 1:1 180x180см Matte White, аудиосистема, ноутбук Samsung   |
| <b>3. учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций:</b><br>аудитория № 208 (учебный корпус, ул. Мингажева, 100)                       | <i>Проведение групповых и индивидуальных консультаций</i>                 | <b>Аудитория № 208</b><br>Учебная мебель, доска,<br>Проектор Nec M361X(M361XG) LCD 3600Lm XGA (1024x768) 3000:1, экран ScreenMedia Economy-P 1:1 180x180см Matte White, аудиосистема, ноутбук Samsung   |
| <b>4. учебная аудитория для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации:</b><br>аудитория № 208, аудитория № 403 (учебный корпус, ул. Мингажева, 100) | <i>Проведение текущего контроля и промежуточной аттестации</i>            | <b>Аудитория № 208</b><br>Учебная мебель, доска,<br>Проектор Nec M361X(M361XG) LCD 3600Lm XGA (1024x768) 3000:1, экран ScreenMedia Economy-P 1:1 180x180см Matte White, аудиосистема, ноутбук Samsung<br><b>Аудитория № 403 (компьютерный класс)</b><br>Коммутатор HP V1410-24G |

|  |                               |  |
|--|-------------------------------|--|
|  |                               | <p>Персональный компьютер в комплекте<br/> <i>Lenovo ThinkCentre All-In-One (12 шт)</i><br/> Персональный компьютер Моноблок<br/> баребон<br/> <i>ECS G11-21ENS6B 21.5</i><br/> <i>G870/2GDDR31333/320G</i><br/> <i>SATA/DVD+RW (12 шт)</i><br/> Сервер №2 Depo Storm1350Q1<br/> Коммутатор Hewlett Packard HP<br/> V1410-8 G.</p>   |
| <p><b>5. помещения для самостоятельной работы:</b><br/> библиотека, аудитория № 201 (учебный корпус, ул. Мингажева, 100)<br/> читальный зал №2 (физмат корпус - учебное)</p> | <p>Самостоятельная работа</p> | <p><b>Аудитория № 201</b><br/> <i>PentiumG2130/4Гб/500Гб/21,5"/Кл/мышь</i><br/> ПК в компл. Фермо Intel<br/> Intel<br/> <i>PentiumG2130/4Гб/500Гб/21,5"/Кл/мышь</i><br/> <b>читальный зал №2 (физмат корпус - учебное)</b><br/> <i>PentiumG2130/4Гб/500Гб/21,5"/Кл/мышь</i><br/> -5 шт.<br/> ПК в компл. Фермо Intel.<br/> Моноблок №1 Фермо AMD A8-5500 – 5 шт.<br/> Программное обеспечение:<br/> 1. Учебный класс АРМ Win Machine Договор №263 от 07.12.2012 г. Лицензии бессрочные.<br/> 2. Windows 8 Russian.<br/> Windows Professional 8 Russian Upgrade. OLP NL Academic Edition (бессрочная лицензия). Договор №104 от 17.06.2013 г.<br/> 3. Microsoft Office Standart 2013 Russian. OLP NL Academic Edition (бессрочная лицензия). Договор №114 от 12.11.2014 г.<br/> 4. Система централизованного тестирования БауГУ (Moodle). GNU General Public License</p> <p>1. Windows 8 Russian. Windows Professional 8 Russian Upgrade. Договор № 104 от 17.06.2013 г. Лицензии бессрочные<br/> 2. Microsoft Office Standard 2013 Russian. Договор № 114 от 12.11.2014 г. Лицензии бессрочные</p> |

ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ИНЖЕНЕРНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ**

дисциплины Кристаллохимия на 4 семестр  
дневная форма обучения

| Вид работы  | Объем дисциплины |
|---|------------------|
| Общая трудоемкость дисциплины (з.е. / часов)  | 4/144            |
| Учебных часов на контактную работу с преподавателем:  |                  |
| лекций  | 32               |
| практических/ семинарских   | 48               |
| лабораторных  |                  |
| других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР) | 0,2              |
| из них, предусмотренные на выполнение курсовой работы / курсового проекта <sup>1</sup>  |                  |
| Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)  | 63,8             |
| из них, предусмотренные на выполнение курсовой работы / курсового проекта <sup>2</sup>  |                  |
| Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)   |                  |

Форма контроля:

зачет 4 семестр

<sup>1</sup> Контактных часов – 2

<sup>2</sup> Количество часов на самостоятельную работу указывается на усмотрение разработчика, но не более 20 часов

| № п/п | Тема и содержание   | Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах) |        |    |    | Задания по самостоятельной работе студентов <sup>3</sup>   | Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.) |
|-------|---|--|--------|----|----|--|---|
|       |   | ЛК   | ПР/СЕМ | ЛР | СР |  |   |
| 1     | 2   | 3  | 4      | 5  | 6  | 7  | 8   |
| 1.    | Понятие о кристалле, кристаллическом веществе и кристаллохимии. Предмет кристаллохимии. Свойства кристаллов. Зависимость свойств кристаллов от их строения. | 2  | 4      |    | 4  | проработка конспекта лекций, учебников, учебных пособий, учебно-методической литературы, включая информационные образовательные ресурсы (электронные учебники, электронные библиотеки и др.) и использование ресурсов Интернет | Коллоквиум  |
| 2.    | Симметрия молекул. Элементы симметрии: центр симметрии и операция симметрии, ось симметрии и опе-   | 6  | 8      |    | 12 | проработка конспекта лекций, учебников, учебных пособий, учебно-   | Задачи, коллоквиум, контрольная работа  |

<sup>3</sup> К заданиям для самостоятельной работы можно отнести, например: подготовку к индивидуальному или групповому опросу; выполнение домашних заданий; подготовку к лабораторным работам, контрольным работам, собеседованиям, коллоквиумам; изучение теоретического материала; подготовку докладов и сообщений; написание эссе, рефератов и статей; подготовку проектов и творческих заданий (выступлений, презентаций, кроссвордов и пр.) и т.д.

|    |   |   |   |  |      |  |  |
|----|---|---|---|--|------|--|--|
|    | рация вращения, плоскость симметрии и операция отражения, ось несобственного вращения и операции несобственного вращения. Теоремы о сочетаниях операций симметрии – точечные группы. Символы Шенфлиса. Симметрия и дипольный момент. Симметрия и оптическая активность.   |   |   |  |      | методической литературы, включая информационные образовательные ресурсы (электронные учебники, электронные библиотеки и др.) и использование ресурсов Интернет   |  |
| 3. | Симметрия кристаллов. Группы трансляций. Параллелепипеды повторяемости. Решетка и структура кристалла. Кристаллографические системы координат. Элементарная ячейка. Вращательная симметрия кристаллов. Возможные и действительные грани кристаллов. Простая форма. Миллеровские индексы. Закон постоянства межгранных углов. Закон целых чисел. Кристаллографические категории и системы (сингонии) | 6 | 8 |  | 12,4 | проработка конспекта лекций, учебников, учебных пособий, учебно-методической литературы, включая информационные образовательные ресурсы (электронные учебники, электронные библиотеки и др.) и использование ресурсов Интернет | Задачи, коллоквиум, контрольная работа |

|    |  |   |   |  |    |   |   |
|----|--|---|---|--|----|---|---|
|    | кристаллов. 14 решеток Браве.  |   |   |  |    |   |   |
| 4. | <p>Основы рентгеноструктурного анализа. Дифракция рентгеновских лучей. Методы регистрации дифракционных лучей. Устройство рентгеновской трубки. Условия возникновения «характеристического» и белого излучений. Уравнение Брэгга-Вульфа. Метод порошка (метод Дебая). Метод вращения монокристалла. Дифракция нейтронов. Основные этапы анализа структуры кристалла. Кубические решетки. Определение индексов граней кубических решеток. Определение параметров решетки.</p> | 6 | 8 |  | 12 | <p>проработка конспекта лекций, учебников, учебных пособий, учебно-методической литературы, включая информационные образовательные ресурсы (электронные учебники, электронные библиотеки и др.) и использование ресурсов Интернет</p> | <p>Задачи, коллоквиум, контрольная работа</p> |
| 5. | <p>Химические связи в кристаллах. Физический смысл кристаллохимических радиусов. Типы химической связи в кристаллах. Металлические радиусы. Ионные радиусы. Ковалентные</p>  | 4 | 4 |  | 10 | <p>проработка конспекта лекций, учебников, учебных пособий, учебно-методической литературы, включая информационные обра-</p>  | <p>Коллоквиум</p>                             |

|    |   |   |   |  |     |   |            |
|----|---|---|---|--|-----|---|------------|
|    | <p>радиусы. Ионные радиусы. Молекулярные кристаллы и жидкости. Ван-дер-Ваальсовы радиусы. Геометрические пределы устойчивости кристаллических структур. Теория плотнейших упаковок. Симметрия плотноупакованных слоев. Пустоты в плотнейших упаковках. Их расположение и симметрия.</p> |   |   |  |     | <p>зовательные ресурсы (электронные учебники, электронные библиотеки и др.) и использование ресурсов Интернет</p>   |            |
| 6. | <p>Изоморфизм и полиморфизм. Типы изоморфизма. Твердые растворы. Условия, необходимые для проявления изоморфизма. Изоморфизм с заполнением пространства. Полиморфизм. Структурная модификация типов полиморфизма. Твердые структуры второго рода. Структуры внедрения.</p>              | 4 | 8 |  | 7,4 | <p>проработка конспекта лекций, учебников, учебных пособий, учебно-методической литературы, включая информационные образовательные ресурсы (электронные учебники, электронные библиотеки и др.) и использование ресурсов Интернет</p> | Коллоквиум |
| 7. | <p>Реальные кристаллы. Точечные дефекты. Дислокации. Мозаичность. Структура по-</p>   | 4 | 8 |  | 6   | <p>проработка конспекта лекций, учебников, учебных пособий,</p>   | Коллоквиум |

|  |  |    |    |  |      |   |  |
|--|--|----|----|--|------|---|--|
|  | верхности и тонких пленок. Влияние дефектов кристаллов на их свойства. |    |    |  |      | учебно-методической литературы, включая информационные образовательные ресурсы (электронные учебники, электронные библиотеки и др.) и использование ресурсов Интернет |  |
|  | <b>Всего часов:</b>  | 32 | 48 |  | 63,8 |   |  |

