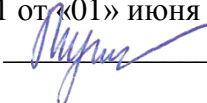
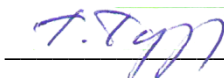


МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ХИМИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Утверждено:  
на заседании кафедры  
протокол № 11 от «01» июня 2018 г.  
Зав. кафедрой  /Мустафин А.Г.

Согласовано:  
Председатель УМК химического факультета  
 /Гарифуллина Г.Г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

дисциплина Кристаллохимия

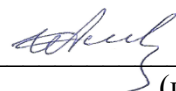
Вариативная часть Б1.В.1.08

**программа бакалавриата**

Направление подготовки (специальность).  
04.03.01. Химия

Направленность (профиль) подготовки  
Органическая и биоорганическая химия

Квалификация  
бакалавр

|   |   |
|---|---|
| Разработчик (составитель)<br>Доцент, к.х.н., доцент<br>(должность, ученая степень, ученое звание) |  /Алехина И.Е.<br>(подпись, Фамилия И.О.) |
|---|---|

Для приема: 2018 г.

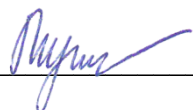
Уфа 2018 г.

Составитель / составители: к.х.н., доцент Алехина И.Е.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры физической химии и химической экологии, протокол № 11 от «01» июня 2018 г.

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины (обновлены перечень основной и дополнительной литературы и лицензионное программное обеспечение, необходимое для освоения дисциплины), приняты на заседании кафедры физической химии и химической экологии, протокол № 6 от 22.04.2019 г.

Заведующий кафедрой

  
\_\_\_\_\_ / Мустафин А.Г.

### Список документов и материалов

|  |    |
|--|----|
| 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы  | 4  |
| 2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы   | 6  |
| 3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)  | 7  |
| 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  | 7  |
| 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 | 10 |
| <i>4.3. Рейтинг-план дисциплины (при необходимости)</i>  |    |
| 5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины   |    |
| 5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины  | 21 |
| 5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины  | 22 |
| 6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине   | 22 |

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы (с ориентацией на карты компетенций)**

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

| Результаты обучения |  | Формируемая компетенция (с указанием кода)  | Примечание |
|---------------------|--|---|------------|
| Знания              | Знать: теоретические основы базовых химических дисциплин   | ОПК-1 способностью использовать полученные знания теоретических основ фундаментальных разделов химии при решении профессиональных задач                   |            |
|                     | Знать: математический аппарат, необходимый для решения профессиональных задач в области химии и материаловедения основные теоретические положения смежных с химией естественнонаучных дисциплин  | ОПК-3 способностью применять знания в области естественнонаучных дисциплин (математики, физики, биологии) при решении задач профессиональной деятельности |            |
|                     | Знать: стандартные методы применения современной аппаратуры при проведении научных исследований, идентификации и исследования свойств веществ и материалов, правила обработки и оформления результатов работы, нормы ТБ                      | ПК-2 владением базовыми навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований   |            |
|                     | Знать: основные этапы и закономерности формирования фундаментальных химических понятий   | ПК-3 владением системой фундаментальных химических понятий  |            |
|                     | Знать: основные этапы развития химии; научные достижения наиболее выдающихся отечественных и зарубежных химиков, их вклад в развитие химии.  | ПК-4 способностью применять основные естественнонаучные законы и закономерности развития химической науки при анализе полученных результатов              |            |
| Умения              | Уметь: выполнять стандартные действия (классификация веществ, составление схем процессов, систематизация данных и т.п.) с учетом основных понятий и общих закономерностей, формулируемых в рамках базовых химических дисциплин. Уметь решать | ОПК-1 способностью использовать полученные знания теоретических основ фундаментальных разделов химии при решении профессиональных задач                   |            |

|                                       |   |   |  |
|---------------------------------------|---|---|--|
|                                       | типовые учебные задачи по основным (базовым) химическим дисциплинам   |   |  |
|                                       | Уметь: решать типовые учебные задачи по основным разделам математики и естественнонаучных дисциплин   | ОПК-3 способностью применять знания в области естественнонаучных дисциплин (математики, физики, биологии) при решении задач профессиональной деятельности |  |
|                                       | Уметь: проводить химические эксперименты с использованием современной аппаратуры  | ПК-2 владением базовыми навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований   |  |
|                                       | Уметь: применять основные законы химии  | ПК-3 владением системой фундаментальных химических понятий  |  |
|                                       | Уметь: оценивать химические понятия и законы в сложной системе воззрений современной химии  | ПК-4 способностью применять основные естественнонаучные законы и закономерности развития химической науки при анализе полученных результатов              |  |
| Владения (навыки / опыт деятельности) | Владеть навыками использования теоретических основ базовых химических дисциплин при решении конкретных химических и материаловедческих задач        | ОПК-1 способностью использовать полученные знания теоретических основ фундаментальных разделов химии при решении профессиональных задач                   |  |
|                                       | Владеть: навыками работы с учебной литературой, основной терминологией и понятийным аппаратом базовых математических и естественнонаучных дисциплин | ОПК-3 способностью применять знания в области естественнонаучных дисциплин (математики, физики, биологии) при решении задач профессиональной деятельности |  |
|                                       | Владеть базовыми навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований  | ПК-2 владением базовыми навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований   |  |
|                                       | Владеть системой базовых фундаментальных химических понятий   | ПК-3 владением системой фундаментальных химических понятий  |  |
|                                       | Владеть: навыками обязательного ознакомления с предысторией того или  | ПК-4 способностью применять основные  |  |
|                                       |   |   |  |

|  |  |   |  |
|--|--|---|--|
|  | иного вопрос поставленного в его практической научной и педагогической деятельности. | естественнонаучные законы и закономерности развития химической науки при анализе полученных результатов |  |
|--|--|---|--|

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

Дисциплина «Кристаллохимия» относится к *вариативной* части.

Дисциплина изучается на 3 курсе в 6 семестре.

Цели изучения дисциплины: изучение основ кристаллографии, симметрии и свойств кристаллических объектов, атомного строения кристаллов.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин: «Общая химия», «Неорганическая химия».

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

Содержание рабочей программы представлено в Приложении № 1.

## 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы (с ориентацией на карты компетенций)

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

| Результаты обучения |   | Формируемая компетенция (с указанием кода)  | Примечание |
|---------------------|---|---|------------|
| Знания              | Знать: теоретические основы базовых химических дисциплин  | ОПК-1 способностью использовать полученные знания теоретических основ фундаментальных разделов химии при решении профессиональных задач                   |            |
|                     | Знать: математический аппарат, необходимый для решения профессиональных задач в области химии и материаловедения основные теоретические положения смежных с химией естественнонаучных дисциплин                         | ОПК-3 способностью применять знания в области естественнонаучных дисциплин (математики, физики, биологии) при решении задач профессиональной деятельности |            |
|                     | Знать: стандартные методы применения современной аппаратуры при проведении научных исследований, идентификации и исследования свойств веществ и материалов, правила обработки и оформления результатов работы, нормы ТБ | ПК-2 владением базовыми навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований   |            |
|                     | Знать: основные этапы и закономерности формирования фундаментальных   | ПК-3 владением системой фундаментальных химических понятий  |            |

|                                       |  |   |  |
|---------------------------------------|--|---|--|
|                                       | химических понятий   |   |  |
|                                       | Знать: основные этапы развития химии; научные достижения наиболее выдающихся отечественных и зарубежных химиков, их вклад в развитие химии.  | ПК-4 способностью применять основные естественнонаучные законы и закономерности развития химической науки при анализе полученных результатов              |  |
| Умения                                | Уметь: выполнять стандартные действия (классификация веществ, составление схем процессов, систематизация данных и т.п.) с учетом основных понятий и общих закономерностей, формулируемых в рамках базовых химических дисциплин. Уметь решать типовые учебные задачи по основным (базовым) химическим дисциплинам | ОПК-1 способностью использовать полученные знания теоретических основ фундаментальных разделов химии при решении профессиональных задач                   |  |
|                                       | Уметь: решать типовые учебные задачи по основным разделам математики и естественнонаучных дисциплин  | ОПК-3 способностью применять знания в области естественнонаучных дисциплин (математики, физики, биологии) при решении задач профессиональной деятельности |  |
|                                       | Уметь: проводить химические эксперименты с использованием современной аппаратуры   | ПК-2 владением базовыми навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований   |  |
|                                       | Уметь: применять основные законы химии   | ПК-3 владением системой фундаментальных химических понятий  |  |
|                                       | Уметь: оценивать химические понятия и законы в сложной системе воззрений современной химии   | ПК-4 способностью применять основные естественнонаучные законы и закономерности развития химической науки при анализе полученных результатов              |  |
| Владения (навыки / опыт деятельности) | Владеть навыками использования теоретических основ базовых химических дисциплин при решении конкретных химических и материаловедческих задач   | ОПК-1 способностью использовать полученные знания теоретических основ фундаментальных разделов химии при решении профессиональных задач                   |  |
|                                       | Владеть: навыками работы с учебной литературой, основной терминологией и понятийным аппаратом базовых математических и естественнонаучных  | ОПК-3 способностью применять знания в области естественнонаучных дисциплин (математики,   |  |

|  |  |  |
|--|--|--|
| дисциплин  | физики, биологии) при решении профессиональной деятельности задач  |  |
| Владеть базовыми навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований   | ПК-2 владением базовыми навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований                                    |  |
| Владеть системой базовых фундаментальных химических понятий  | ПК-3 владением системой фундаментальных химических понятий   |  |
| Владеть: навыками обязательного ознакомления с предысторией того или иного вопроса поставленного в его практической научной и педагогической деятельности. | ПК-4 способностью применять основные естественнонаучные законы и закономерности развития химической науки при анализе полученных результатов |  |

#### 4. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Кристаллохимия» относится к вариативной части. Дисциплина изучается на 3 курсе в 6 семестре.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин: «Общая химия», «Неорганическая химия», «Строение вещества».

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

Содержание рабочей программы представлено в Приложении № 1.



## 5. 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

**ОПК-1** способностью использовать полученные знания теоретических основ фундаментальных разделов химии при решении профессиональных задач

| Этап (уровень) освоения компетенции и | Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)  | Не зачтено | Зачтено  |
|---------------------------------------|--|------------|--|
| Первый этап (уровень)                 | Знать: теоретические основы базовых химических дисциплин   | Не знает   | Имеет четкое, целостное представление о содержании основных химических курсов и общих закономерностях химических процессов, изучаемых в рамках основных химических дисциплин   |
| Второй этап (уровень)                 | Уметь: выполнять стандартные действия (классификация веществ, составление схем процессов, систематизация данных и т.п.) с учетом основных понятий и общих закономерностей, формулируемых в рамках базовых химических дисциплин. Уметь решать типовые учебные задачи по основным (базовым) химическим дисциплинам | Не умеет   | Умеет:<br>1) выполнять стандартные действия (классификация веществ, составление схем процессов, систематизация данных и т.п.) с учетом основных понятий и общих закономерностей, формулируемых в рамках базовых химических дисциплин;<br>2) решать типовые учебные задачи по основным (базовым) химическим дисциплинам |
| Третий этап (уровень)                 | Владеть: навыками работы с учебной литературой по основным химическим дисциплинам  | Не владеет | Владеет навыками работы с учебной литературой, может самостоятельно освоить новую тему   |

**ОПК-3** способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности

| Этап (уровень) освоения компетенции и | Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)   | Не зачтено | Зачтено  |
|---------------------------------------|---|------------|--|
| Первый этап (уровень)                 | Знать: математический аппарат, необходимый для решения профессиональных задач в области химии и | Не знает   | Имеет четкое, целостное представление об общих закономерностях смежных с химией естественнонаучных |

|                             |   |               |   |
|-----------------------------|---|---------------|---|
|                             | материаловедения<br>основные теоретические<br>положения смежных с<br>химией естественнонаучных<br>дисциплин   |               | дисциплин и способах их<br>использования при решении<br>профессиональных задач в<br>области химии и<br>материаловедения. Имеет<br>четкое, целостное<br>представление о способах<br>использования математического<br>аппарата при решении задач в<br>области химии и<br>материаловедения |
| Второй<br>этап<br>(уровень) | Уметь: решать типовые<br>учебные задачи по<br>основным разделам<br>математики и<br>естественнонаучных<br>дисциплин  | Не умеет      | Умеет решать задачи<br>повышенной сложности из<br>базовых курсов<br>естественнонаучных<br>дисциплин   |
| Третий<br>этап<br>(уровень) | Владеть: навыками работы с<br>учебной литературой,<br>основной терминологией и<br>понятийным аппаратом<br>базовых математических и<br>естественнонаучных<br>дисциплин | Не<br>владеет | Владеет навыками<br>критического анализа учебной<br>информации; уровень владения<br>терминологией и понятийным<br>аппаратом позволяет<br>формулировать выводы и<br>участвовать в дискуссии по<br>учебным вопросам базовых<br>математических и<br>естественнонаучных дисциплин           |

**ПК-2** владением базовыми навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований

|  |  |               |  |
|--|--|---------------|--|
| Этап<br>(уровень)<br>освоения<br>компетенци<br>и | Планируемые результаты<br>обучения<br>(показатели достижения<br>заданного уровня освоения<br>компетенций)  | Не<br>зачтено | Зачтено  |
| Первый<br>этап<br>(уровень)                      | Знать: стандартные методы<br>применения современной<br>аппаратуры при проведении<br>научных исследований,<br>идентификации и<br>исследования свойств<br>веществ и материалов,<br>правила обработки и<br>оформления результатов<br>работы, нормы ТБ | Не знает      | Знает стандартные методы<br>применения современной<br>аппаратуры при проведении<br>научных исследований,<br>идентификации и исследования<br>свойств различных групп<br>веществ и материалов; правила<br>техники безопасности при<br>работе с ними, основные<br>требования к оформлению<br>результатов эксперимента |
| Второй<br>этап<br>(уровень)                      | Уметь: проводить<br>химические эксперименты с<br>использованием  | Не умеет      | Умеет выполнять<br>демонстративные опыты по<br>химии с использованием  |

|                       |  |            |   |
|-----------------------|--|------------|---|
|                       | современной аппаратуры   |            | современной аппаратуры; проводить комплексный анализ и исследование свойств полученных веществ и материалов. Умеет оформлять результаты эксперимента в соответствии с заявленными требованиями. |
| Третий этап (уровень) | Владеть базовыми навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований | Не владеет | Владеет базовыми навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований, идентификации и изучения свойств веществ и материалов, правильного протоколирования опытов  |

**ПК-3** владением системой фундаментальных химических понятий

|                                      |   |            |   |
|--------------------------------------|---|------------|---|
| Этап (уровень) освоения компетенци и | Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций) | Не зачтено | Зачтено   |
| Первый этап (уровень)                | Знать: основные этапы и закономерности формирования фундаментальных химических понятий        | Не знает   | Сформированные систематические представления об основных этапах и закономерностях формирования фундаментальных химических понятий |
| Второй этап (уровень)                | Уметь: применять основные фундаментальные химические понятия                                  | Не умеет   | Сформированное умение пользоваться основными фундаментальными химическими понятиями   |
| Третий этап (уровень)                | Владеть: системой фундаментальных понятий химии.  | Не владеет | Успешное и систематическое применение фундаментальных химических понятий  |

**ПК-4** способностью применять основные естественнонаучные законы и закономерности развития химической науки при анализе полученных результатов

|                                      |   |            |  |
|--------------------------------------|---|------------|--|
| Этап (уровень) освоения компетенци и | Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)                       | Не зачтено | Зачтено  |
| Первый этап (уровень)                | Знать: основные этапы развития химии; научные достижения наиболее выдающихся отечественных и зарубежных химиков, их | Не знает   | Способен к грамотному распределению времени и расстановке приоритетов в выполнении работы. |

|                       |   |            |   |
|-----------------------|---|------------|---|
|                       | вклад в развитие химии.   |            |   |
| Второй этап (уровень) | Уметь: оценивать химические понятия и законы в сложной системе воззрений современной химии  | Не умеет   | Контролирует факторы, способные повлиять на выполняемую работу, при необходимости корректирует свои действия. |
| Третий этап (уровень) | Владеть: навыками обязательного ознакомления с предысторией того или иного вопроса, поставленного в его практической научной и педагогической деятельности. | Не владеет | Показывает уверенное владение знаниями во многих направлениях химического анализа.                            |

Критериями оценивания 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).

**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 <sup>1</sup>  | Компетенция   | Оценочные средства   |
|----------------|---|---|--|
| Знания         | Знать: теоретические основы базовых химических дисциплин  | ОПК-1 способностью использовать полученные знания теоретических основ фундаментальных разделов химии при решении профессиональных задач                   | Индивидуальный, групповой опрос, собеседование, ситуационные задачи. |
|                | Знать: математический аппарат, необходимый для решения профессиональных задач в области химии и материаловедения основные теоретические | ОПК-3 способностью применять знания в области естественнонаучных дисциплин (математики, физики, биологии) при решении задач профессиональной деятельности | Индивидуальный, групповой опрос, собеседование, ситуационные задачи. |

|        |   |  |   |
|--------|---|--|---|
|        | положения смежных с химией естественнонаучных дисциплин   |  |   |
|        | Знать: стандартные методы применения современной аппаратуры при проведении научных исследований, идентификации и исследования свойств веществ и материалов, правила обработки и оформления результатов работы, нормы ТБ   | ПК-2 владением базовыми навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований                                    | Индивидуальный, групповой опрос собеседование.                                |
|        | Знать: основные этапы и закономерности формирования фундаментальных химических понятий  | ПК-3 владением системой фундаментальных химических понятий   | Индивидуальный, групповой опрос собеседование, контрольная работа             |
|        | Знать: основные этапы развития химии; научные достижения наиболее выдающихся и отечественных и зарубежных химиков, их вклад в развитие химии.   | ПК-4 способностью применять основные естественнонаучные законы и закономерности развития химической науки при анализе полученных результатов | Индивидуальный, групповой опрос собеседование.                                |
| Умения | Уметь: выполнять стандартные действия (классификация веществ, составление схем процессов, систематизация данных и т.п.) с учетом основных понятий и общих закономерностей, формулируемых в рамках базовых химических дисциплин. Уметь решать типовые учебные задачи по основным (базовым) | ОПК-1 способностью использовать полученные знания теоретических основ фундаментальных разделов химии при решении профессиональных задач      | Индивидуальный, групповой опрос собеседование, коллоквиум ситуационные задачи |

|                                       |   |   |   |
|---------------------------------------|---|---|---|
|                                       | химическим дисциплинам  |   |   |
|                                       | Уметь: решать типовые учебные задачи по основным разделам математики и естественнонаучных дисциплин   | ОПК-3 способностью применять знания в области естественнонаучных дисциплин (математики, физики, биологии) при решении задач профессиональной деятельности | Индивидуальный, групповой опрос собеседование, коллоквиум ситуационные задачи |
|                                       | Уметь: проводить химические эксперименты с использованием современной аппаратуры  | ПК-2 владением базовыми навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований   | Индивидуальный, групповой опрос собеседование, коллоквиум ситуационные задачи |
|                                       | Уметь: применять основные законы химии  | ПК-3 владением системой фундаментальных химических понятий  | Индивидуальный, групповой опрос собеседование, коллоквиум ситуационные задачи |
|                                       | Уметь: оценивать химические понятия и законы в сложной системе воззрений современной химии  | ПК-4 способностью применять основные естественнонаучные законы и закономерности развития химической науки при анализе полученных результатов              | Индивидуальный, групповой опрос собеседование, коллоквиум ситуационные задачи |
| Владения (навыки / опыт деятельности) | Владеть навыками использования теоретических основ базовых химических дисциплин при решении конкретных химических и материаловедческих задач        | ОПК-1 способностью использовать полученные знания теоретических основ фундаментальных разделов химии при решении профессиональных задач                   | Собеседование, коллоквиум ситуационные задачи, компьютерное тестирование      |
|                                       | Владеть: навыками работы с учебной литературой, основной терминологией и понятийным аппаратом базовых математических и естественнонаучных дисциплин | ОПК-3 способностью применять знания в области естественнонаучных дисциплин (математики, физики, биологии) при решении задач профессиональной деятельности | Индивидуальный, групповой опрос собеседование, компьютерное тестирование      |
|                                       | Владеть базовыми навыками использования современной   | ПК-2 владением базовыми навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований   | Индивидуальный, групповой опрос собеседование, компьютерное                   |

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
|  | аппаратуры при проведении научных исследований   |  | тестирование   |
|  | Владеть системой базовых фундаментальных химических понятий  | ПК-3 владением системой фундаментальных химических понятий   | Индивидуальный, групповой опрос собеседование, компьютерное тестирование                     |
|  | Владеть: навыками обязательного ознакомления с предысторией того или иного вопроса поставленного в его практической научной и педагогической деятельности. | ПК-4 способностью применять основные естественнонаучные законы и закономерности развития химической науки при анализе полученных результатов | Индивидуальный, групповой опрос собеседование, компьютерное тестирование, контрольная работа |

### 5.3. Рейтинг-план дисциплины

Рейтинг–план дисциплины представлен в приложении 2.

Перевод оценки из 100-балльной в систему зачет/незачет производится следующим образом:

- зачтено – от 59 до 110 баллов (включая 10 поощрительных баллов);
- не зачтено– от 0 до 59 баллов.

#### Критерии оценки (в баллах) аудиторной и домашней работы

- 0 баллов выставляется студенту, если студент не имеет представления об обсуждаемом вопросе;
- 1 балл выставляется студенту, если студент имеет фрагментарные представления об обсуждаемом вопросе;
- 2 балла выставляется студенту, если студент имеет неполные представления об обсуждаемом вопросе;
- 3 балла выставляется студенту, если студент имеет сформированные, но содержащие существенные пробелы представления об обсуждаемом вопросе;
- 4 балла выставляется студенту, если студент имеет сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления об обсуждаемом вопросе;
- 5 баллов выставляется студенту, если студент имеет сформированные систематические представления об обсуждаемом вопросе.

#### Вопросы для аудиторной и домашней работы

##### Занятие № 1

1. Предмет и задачи кристаллохимии. Кристаллохимия как часть химии и как метод исследования химических веществ.
2. Симметрические операции и элементы симметрии. Поворотные и инверсионные оси.
3. Стереографическая проекция элементов симметрии и нормалей к граням многогранников. Формула симметрии.

##### Занятие № 2

4. Теоремы о сочетаниях элементов симметрии.
5. Понятие точечной группы. Вывод кристаллографических классов симметрии. Предельные группы симметрии\*.
6. Символика точечных групп. Символы Германа-Могена и символы Шенфлиса.

#### Занятие № 3

7. Кристаллографические индексы узлов, рёбер, граней.
8. Простые формы и комбинации.
9. Голоэдрические точечные группы. Кристаллографические координатные системы. Элементарная ячейка.

#### Занятие № 4

10. Группы трансляций. Примитивные и непримитивные параллелепипеды повторяемости. Кристаллическая решетка и кристаллическая структура.
11. Типы решеток (решётки Бравэ). Примеры структур с решетками разного типа.

#### Занятие № 5

12. Элементы симметрии бесконечных фигур. Трансляция, плоскости скользящего отражения, винтовые оси. Сочетания открытых и закрытых элементов симметрии между собой и с перпендикулярными трансляциями.
13. Пространственные группы симметрии. Принцип их вывода. Структурные классы. Правильная система точек.

#### Занятие № 6

14. Описание кристаллических структур на основе пространственных групп и структурных классов (примеры структур низшей категории).
15. Описание кристаллических структур на основе пространственных групп и структурных классов (примеры структур средней категории).
16. Описание кристаллических структур на основе пространственных групп и структурных классов (примеры структур высшей категории).
17. Многообразие групп симметрии с различной размерностью. Структурные классы цепей и слоев.

#### Занятие № 7

18. Кристаллохимические радиусы и их использование.
19. Факторы, определяющие структуру кристаллов (правило Гольдшмидта).

#### Занятие № 8

20. Определение стехиометрического состава. Координационные числа и многогранники.
21. Типы межатомных взаимодействий в кристаллах.
22. Энергия связей. Гомо- и гетеродесмические структуры. Примеры.

#### Занятие № 9

23. Плотнейшие шаровые упаковки (ПШУ) и плотные шаровые кладки (ПШК).
24. Описание кристаллических структур простых веществ в терминах ПШУ и ПШК.
25. Кристаллические структуры бинарных соединений AX, описываемые в терминах ПШУ и ПШК (анионные упаковки и кладки).



26. Пустоты в ПШУ и ПШК. Описание кристаллических структур бинарных и тройных соединений в терминах ПШУ и ПШК. Примеры.

27. Коэффициент плотности упаковки.

#### Занятие № 10

28. Физические свойства кристаллов. Механические свойства. Оптические свойства. Оптическая активность.

29. Электрические и магнитные свойства. Пирозлектрики. Пьезоэлектрики.

#### Занятие № 11

30. Структурные типы. Отряды структур.

31. Изоструктурность. Политипия.

32. Изоморфизм. Структура твердых растворов.

#### Занятие № 12

33. Полиморфизм, политипия, морфотропия.

34. Монокотропные и энантиотропные полиморфные переходы.

#### Занятие № 13

35. Кристаллические структуры металлов.

36. Структуры простых веществ-неметаллов VIII, VII и VI групп периодической системы.

37. Структуры простых веществ-неметаллов V, IV и III групп периодической системы.

38. Кристаллические структуры интерметаллических соединений.

#### Занятие № 14

39. Общая характеристика кристаллических структур бинарных соединений AX и XY.

40. Структурный тип перовскита. Перовскитоподобные структуры. Сегнетоэлектрики и их кристаллические структуры.

41. Структурный тип шпинели. Нормальная и обращенная шпинель.

42. Кристаллические структуры силикатов. Их классификация. Алумосиликаты и силикаты алюминия. Зависимость свойств силикатов от их структуры. Цеолиты.

43. Общая характеристика молекулярных кристаллов. Ковалентные и ван-дер-ваальсовы радиусы. Коэффициент плотности упаковки молекулярных кристаллов.

#### Занятие № 15

44. Дефекты кристаллической структуры. Точечные и парные дефекты.

45. Протяженные дефекты. Дислокации.

46. Плоскостные и объёмные дефекты (фазы включения, пустоты, «отрицательные кристаллы»).

47. Рост кристаллов.

#### Занятие № 16

48. Основные этапы истории рентгеноструктурного анализа и кристаллохимии.

49. Основы рентгенографии кристаллов. Уравнения Лауэ. Три метода получения дифракционной картины и их использование.

50. Сравнение дифракционных методов изучения кристаллической структуры (рентгенография, нейтронография, электронография).

## **Вопросы к коллоквиуму 1**

### **Основы кристаллографии. Симметрия.**

Операции и элементы симметрии. Собственные и несобственные вращения. Взаимодействие операций симметрии. Группа, порядок группы, подгруппа. Система Шенфлиса, точечные группы и их семейства. Обозначения операций симметрии и точечных групп в системе Германа-Могена. Точечные группы низшей, средней и высшей категорий, примеры. Связь зеркальных поворотов в системе Шенфлиса и поворотов с инверсией в системе Германа-Могена. Орбиты точечных групп, кратность орбиты (системы эквивалентных точек) и симметрия ее позиций. Бесконечные (предельные) точечные группы.

Трансляционная симметрия и кристаллическая решетка, типы решеток. Элементарная ячейка кристалла (параллелепипед повторяемости), параметры элементарной ячейки. Индексы направлений и плоскостей в решетке. Кристаллографические и некристаллографические операции симметрии. Взаимодействие закрытых элементов симметрии и трансляций, примеры. Сингонии кристаллов, их голоэдрические группы и параметры элементарной ячейки. Типы центрировки и решетки Браве. Кристаллографические точечные группы.

Открытые элементы симметрии (винтовые оси и плоскости скольжения), их обозначения по Герману-Могену и действие. Взаимодействие открытых и закрытых элементов симметрии. Общие и частные позиции в элементарной ячейке. Пространственные группы: символ по Герману-Могену, связь с кристаллографическим классом и кратностью общей позиции в ячейке. Интернациональные таблицы и содержащаяся в них информация о пространственных группах.

## **Вопросы к коллоквиуму 2**

### **Структура**

Дифракция рентгеновских лучей на кристалле. Вывод формулы Брегга. Типы межатомных взаимодействий в кристалле (металлическое, ионное, ковалентное, ван-дер-ваальсово), их относительные энергии и направленность в пространстве. Принципы строения кристаллов простых веществ в Периодической системе, металлы и неметаллы. Плотные и плотнейшие шаровые упаковки в структуре металлов (ПК, ПГ, ОЦК, ГПУ, ГЦК), коэффициенты заполнения пространства в этих упаковках, виды и радиусы пустот в них. Расположение плотных (плотнейших) слоев в структурах металлов, политипы. Нестехиометрические фазы внедрения. Искажения идеальных шаровых упаковок в структурах металлов (Zn, Cd, In, Hg). Характерные особенности кристаллических структур простых веществ-неметаллов: мотивы расположения атомов в кристалле, ковалентные и ван-дер-ваальсовы взаимодействия. Принцип плотнейшей упаковки с заполнением пустот в описании кристаллических структур бинарных соединений. Ионные кристаллохимические радиусы. Зависимость физических свойств ионных кристаллов от зарядов, радиусов и расположения ионов.

### **Основы кристаллохимии неорганических соединений.**

Строение и физические свойства различных модификаций углерода. Кристаллические структуры и свойства элементов-аналогов углерода в подгруппе (Si, Ge, Sn). Простейшие структурные типы AX (CsCl, NaCl, сфалерит, вюрцит, NiAs), их описание в терминах плотнейшей упаковки и заполнения пустот. Некоторые структурные типы AX<sub>2</sub>: флюорит и антифлюорит, рутил, CdI<sub>2</sub>, CdCl<sub>2</sub>, MoS<sub>2</sub>, их описание в терминах упаковки анионов и послыоного заполнения пустот катионами. Корундовый мотив в расположении катионов в пустотах: принципы строения корунда ( $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), рубина и FeCl<sub>3</sub>. Строение ReO<sub>3</sub> и перовскита ABO<sub>3</sub>; описание структуры перовскита в терминах заполнения пустот

плотнейшей упаковки. Принципы строения шпинелей  $AB_2O_4$  (прямая и обращенная), примеры соединений со структурой шпинели.

Кристаллические модификации нитрида бора, принципы строения и свойства. Характерные координационные полиэдры атомов металла для к.ч. от 4 до 10. Мостиковая функция лигандов и координационные полиэдры (тетраэдры, октаэдры) с общими вершинами в бинарных неорганических соединениях, примеры структурных мотивов из таких полиэдров). Силикаты. Принципы строения кристаллических модификаций  $SiO_2$ : кварца,  $\beta$ -тридимита и  $\beta$ -кristобалита, стишовита. Алюмосиликатов. Принципы строения цеолитов.

Принципы строения молекулярных кристаллов. Ковалентные и ван-дер-ваальсовы радиусы.

#### **Критерии оценки (в баллах) коллоквиумов**

- 0 баллов выставляется студенту, если студент не имеет представления об обсуждаемом разделе дисциплины;
- 5 баллов выставляется студенту, если студент имеет фрагментарные представления об обсуждаемом разделе дисциплины;
- 10 баллов выставляется студенту, если студент имеет неполные представления об обсуждаемом разделе дисциплины;
- 15 баллов выставляется студенту, если студент имеет сформированные, но содержащие существенные пробелы представления об обсуждаемом разделе дисциплины;
- 20 баллов выставляется студенту, если студент имеет сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления об обсуждаемом разделе дисциплины;
- 25 баллов выставляется студенту, если студент имеет сформированные систематические представления об обсуждаемом разделе дисциплины.

#### **Контрольная работа №1.**

(Образец билета.)

1. Перечислите основные свойства кристаллов
2. Каким симметрическим преобразованиям соответствуют следующие элементы симметрии:  $2_1$ ; a, b, c;  $6$ ?
3. Пользуясь теоремами о сочетаниях элементов симметрии, определите точечную группу симметрии, запишите формулу, категорию, сингонию, вид симметрии, международный символ и символ Шенфлиса и постройте стереографическую проекцию, если дано:  $L_2$  перпендикулярная инверсионной оси четвёртого порядка?
4. Может ли быть комбинация призмы и двух моноэдров?
5. Может ли грань (100) быть символом простой формы гексаэдра (куба) -  $\{100\}$ ?
6. Приведите примеры замкнутых шестигранных простых форм средней категории.
7. Какой из граней тетрагональной сингонии могут соответствовать индексы Миллера (111): отсекающей на координатных осях a, b, c отрезки 1, 1 и 2 см или 2, 1 и 1 см?
8. Сформулируйте закон граничных углов.
9. С помощью каких приборов можно измерить углы между гранями в кристаллах?
10. Перечислите бесконечные (предельные) точечные группы симметрии.

#### **Контрольная работа №2.**

(Образец билета.)

1. Приведите примеры металлов, структура которых представляет собой трехслойную плотнейшую шаровую упаковку. Как расположены атомы в элементарных ячейках этих металлов? Какова координация атомов?

- В кристаллической структуре состава  $AB_2C_3$  атомы С образуют плотнейшую упаковку. Координационное число атомов А равно 4, а атомов В – 6. Каков тип занятых пустот? Какая часть пустот заполнена?
- При  $1425^{\circ}\text{C}$  железо имеет объёмцентрированную кубическую ячейку ( $a=2,940 \text{ \AA}$ ). Рассчитайте плотность железа и атомный (металлический) радиус.
- Определите слойность плотнейшей упаковки: ... гккк... .
- Укажите основные черты, характеризующие кубическую плотнейшую шаровую упаковку. Изобразите элементарную ячейку для этой структуры.
- С использованием простейшей зонной теории опишите различие между электрической проводимостью в металле (например, литии) и полупроводнике (например, германии).
- Кубическая модификация  $\text{HgS}$  имеет параметр ячейки  $5,84 \text{ \AA}$ ,  $Z=4$ ; для гексагональной модификации  $a=4,16$ ,  $c=9,54 \text{ \AA}$ ,  $Z=3$ . Какую модификацию представляют собой кристаллы  $\text{HgS}$ , если их плотность  $7,73 \text{ г/см}^3$ .
- Напишите уравнение Лауэ. Назовите три метода получения дифракционной картины?
- Для каких типов решетки характерны плоскости скользящего отражения типов “n” и “d”? Приведите примеры.
- Как называют свойство кристаллов колотья по плоскостям, параллельным действительным или возможным граням?

### Контрольная работа №3.

(Образец билета.)

- Определите, к какому структурному типу относится кубическая элементарная ячейка со следующими координатами атомов  $\text{MX}$ :
  - $\text{M: } (1/2 \ 0 \ 0), (0 \ 1/2 \ 0), (0 \ 0 \ 1/2), (1/2 \ 1/2 \ 1/2)$
  - $\text{X: } (0 \ 0 \ 0), (1/2 \ 1/2 \ 0), (1/2 \ 0 \ 1/2), (0 \ 1/2 \ 1/2)$
- Перечислите, какие простые формы в огранке кристалла могут указывать на то, что он обладает оптической активностью.
- Монокристалл обточен в форме шара. Как изменится его форма при нагревании, если он относится к кубической, тетрагональной сингонии?
- Что такое «несовершенный изоморфизм»? Приведите примеры.
- Какой структурный тип получается из структуры каменной соли в результате удаления всех атомов или ионов одного типа?
- Энергия кристаллической решетки некоторых соединений имеет следующие значения ( $25^{\circ}\text{C}$ ):

| Вещество                         | NaCl | C(алмаз) | Cu  | H <sub>2</sub> O | I <sub>2</sub> | CO <sub>2</sub> |
|----------------------------------|------|----------|-----|------------------|----------------|-----------------|
| $E_{\text{кр}}, \text{кДж/моль}$ | 774  | 715      | 302 | 50               | 42             | 26              |

- Какие из перечисленных веществ имеют: 1) молекулярную; 2) ионную; 3) атомную; 4) металлическую кристаллическую решетку?
  - Как влияет тип химической связи между частицами на энергию кристаллической решетки?
  - Как взаимосвязаны энергия кристаллической решетки и теплота возгонки веществ?
- Назовите точечные и парные дефекты кристаллической структуры.
  - Что такое – сегнетоэлектрики? Характерные кристаллические структуры сегнетоэлектриков?
  - Почему наличие в кристалле пирозэффекта заставляет предполагать и наличие пьезоэффекта, но не наоборот?
  - Цепочечный силикат родонит содержит 5 тетраэдров в кремнекислородном радикале, катионы кальция и марганца (+2). Какой стехиометрический состав у родонита, если катионов марганца в четыре раза больше, чем кальция?

**Критерии оценки (в баллах):**

- **10 баллов** выставляется студенту, если выполнено 10 заданий;
- **9 баллов** выставляется студенту, если выполнено 9 заданий;
- **8 баллов** выставляется студенту, если выполнено 8 заданий;
- **7 баллов** выставляется студенту, если выполнено 7 заданий.
- **6 баллов** выставляется студенту, если выполнено 6 заданий;
- **5 баллов** выставляется студенту, если выполнено 5 заданий;
- **4 баллов** выставляется студенту, если выполнено 4 задания;
- **3 баллов** выставляется студенту, если выполнено 3 задания;
- **2 баллов** выставляется студенту, если выполнено 2 задания;
- **1 баллов** выставляется студенту, если выполнено 1 задание;

### Примерные вопросы компьютерного теста

1. Вид симметрии точечной группы  $4mm$ ?
  - а) центральный
  - б) планальный
  - в) тетрагональный
  - г) планаксиальный
2. Сингония точечной группы  $4mm$ ?
  - а) кубическая
  - б) ромбическая
  - в) тетрагональная
  - г) планальная
3. Какому элементу симметрии соответствует последовательное отражение в центре инверсии и поворот на  $120^\circ$ ?
  - а)  $L_3$ ;
  - б)  $L_6$ ;
  - в)  $L_2$ ;
  - г)  $C_3$
4. Наличие какого элемента симметрии обязательно для кубической сингонии?
  - а)  $4L_3$ ;
  - б) Плоскость симметрии;
  - в) Центр симметрии;
  - г)  $3L_2$
5. Какие сингонии имеют прямоугольную систему координат?
  - а) ромбическая и кубическая
  - б) только кубическая
  - в) тетрагональная и кубическая
  - г) ромбическая, тетрагональная, кубическая
6. Какой элемент симметрии не может присутствовать в точечных группах симметрии?
  - а) центр симметрии;
  - б) плоскость зеркального отражения;
  - в) трансляция;
  - г) поворотная ось?
7. В кристаллах какой сингонии грань, отсекающая на координатных осях  $a$ ,  $b$ ,  $c$  отрезки 2, 1 и 4 см может быть единичной?
  - а) тригональной

- б) гексагональной;
  - в) триклинной;
  - г) кубической
8. Какой элемент симметрии соответствует симметрическому преобразованию поворот + параллельный перенос вдоль оси поворота?
- а) поворотная ось симметрии;
  - б) винтовая ось симметрии;
  - в) зеркально-поворотная ось симметрии;
  - г) инверсионная ось симметрии
9. Какие из перечисленных простых форм характерны для кубической сингонии:
- а) трапецоэдр
  - б) пинакоид
  - в) октаэдр
  - г) ромбоэдр
10. Какой правильный координационный многогранник соответствует к.ч.=6?
- а) куб
  - б) тетраэдр
  - в) октаэдр
  - г) гексоктаэдр
11. Сколько ближайших соседей имеет каждая сфера в гексагональной плотнейшей упаковке?
- а) 24
  - б) 6
  - в) 9
  - г) 12
12. Чему равно число октаэдрических пустот в плотнейших упаковках?
- а) 12;
  - б) в два раза меньше числа шаров;
  - в) в два раза больше числа шаров;
  - г) числу шаров
13. Каково число формульных единиц в ячейке и стехиометрический состав если атомы А – в центрах всех граней кубической ячейки. Атомы В – в вершинах кубической ячейки.
- а)  $A_3B$ ;  $z=1$
  - б)  $A_6B_8$ ;  $z=2$
  - в)  $A_3B_8$ ;  $z=1$
  - г)  $A_6B_3$ ;  $z=2$
14. При расчете энергии ионной решетки используется константа Маделунга. От чего зависит её величина?
- а) заряда ионов
  - б) радиусов ионов
  - в) структуры
  - г) поляризуемости
15. Для каких типов решетки характерны плоскости скользящего отражения типов “n” и “d”?
- а) гранецентрированной кубической
  - б) объёмцентрированной
  - в) примитивной
  - г) любой
16. Укажите, какая часть атома приходится на долю элементарной ячейки, если он находится в вершине кубической ячейки.

- а) 1/2
- б) 1/6
- в) 1/4
- г) 1/8

17. Какова слоинность плотнейшей кубической упаковки?

- а) 12
- б) 2
- в) 4
- г) 3

18. Определите к какому структурному типу относятся элементарные ячейки со следующими координатами атомов АВ: А (000); В ( $\frac{1}{2}$   $\frac{1}{2}$   $\frac{1}{2}$ ):

- а)  $\alpha$ -W ;
- б) NaCl;
- в) CsCl;
- г) ZnS (сфалерит)

19. Как называются подвижные линейные дефекты?

- а) вакансии;
- б) дислокации;
- в) дефект Шоттке;
- г) дефект Френкеля

20. К какому явлению относится замещение магния на железо в структуре оливина?

- а) дислокации;
- б) полиморфизму;
- в) изоморфизму;
- г) дефекту Френкеля?

21. Как называют свойство кристаллов колотья по плоскостям, параллельным действительным или возможным граням?

- а) хрупкость;
- б) излом;
- в) прочность;
- г) спайность

22. Как называется свойство некоторых кристаллических веществ, благодаря которому происходит прямое преобразование теплоты в энергию электрического поля?

- а) пирозлектричество;
- б) пьезоэлектричество;
- в) спайность;
- г) плеохроизм

23. Определите, какие из перечисленных силикатов не относятся к алюмо-силикатам:

- а) Na[AlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>] – альбит;
- б) KMg<sub>2</sub>[AlSi<sub>3</sub>O<sub>10</sub>](OH)<sub>2</sub> – флогопит;
- в) LiAl[Si<sub>2</sub>O<sub>6</sub>] – сподумен;
- г) (Mg,Fe,Al)<sub>3</sub>[(Si,Al)<sub>4</sub>O<sub>10</sub>](OH)<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O – вермикулит.

24. Структура каких металлов представляет собой трехслойную плотней-шую шаровую упаковку.

- а) Mg;
- б)  $\alpha$ -Fe;
- в) Na;
- г) Au

25. Какие металлы имеют аномальные кристаллические структуры?

- а) Ca;
- б) Hg;

- в) Pt;  
г) Fe
26. Чему равна слойность плотнейшей упаковки, заданной повторением буквенной последовательности ...гк...?
- а) 2;  
б) 3;  
в) 4;  
г) 6
27. Какой фактор определяет структуру ионного кристалла, КЧ?
- а) отношение радиусов ионов  
б) константа Маделунга  
в) заряд иона  
г) потенциал ионизации
28. Какую структуру имеют отвердевшие инертные газы?
- а) КПУ  
б) ОЦК  
в) слоистую  
г) цепочечную
29. Кем была открыта дифракция рентгеновских лучей на кристаллах?
- а) Лауэ  
б) Брэггом  
в) Рентгеном  
г) Вульфом
30. Какой тип связи можно предположить для кристаллов простого вещества, если КЧ атомов равно 8, а координационный полиэдр – куб?
- а) ковалентная;  
б) водородная;  
в) металлическая;  
г) ионная?

**Критерии оценки (в баллах):**

- **10 баллов** выставляется студенту, если выполнено 29-30 заданий;
- **9 баллов** выставляется студенту, если выполнено 27-28 заданий;
- **8 баллов** выставляется студенту, если выполнено 25-26 заданий;
- **7 баллов** выставляется студенту, если выполнено 23-24 заданий.
- **6 баллов** выставляется студенту, если выполнено 21-22 заданий;
- **5 баллов** выставляется студенту, если выполнено 19-20 заданий;
- **4 баллов** выставляется студенту, если выполнено 17-18 заданий;
- **3 баллов** выставляется студенту, если выполнено 15-16 заданий;
- **2 баллов** выставляется студенту, если выполнено 13-14 заданий;
- **1 баллов** выставляется студенту, если выполнено 11-12 заданий.

**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. Университет. «КДУ», 2005. 592с.



2. Адеева Л.Н., Диденко Т.А. Кристаллография и кристаллохимия: практикум для студентов химического факультета. [Электронный ресурс] . Омск. Омский государственный универ., 2013. 44с.

**Дополнительная литература:**

3. Филатов С.К., Кривовичев С.В., Бубнова Р.С. Общая кристаллохимия: учебник. [Электронный ресурс] Санкт-Петербургский государственный университет, 2018. 276 с.
4. Бокий Г.Б. Кристаллохимия. Изд-во МГУ, 1960. 357с.
5. Шаскольская М.П. Кристаллография. М.: Высшая школа, 1984. 375 с.
6. Пугачев В.М. Кристаллохимия. [Электронный ресурс] Кемеровский университет, 2013. 104 с.
7. Кристаллохимия. Вопросы и задачи. Методические указания для студентов 3 курса химического факультета. Алехина И.Е. Уфа: РИЦ БашГУ, 2016. 40 с.

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

1. Универсальная Базы данных EastView (доступ к электронным научным журналам) - <https://dlib.eastview.com/browse>
2. Научная электронная библиотека - elibrary.ru (доступ к электронным научным журналам) - [https://elibrary.ru/projects/subscription/rus\\_titles\\_open.asp](https://elibrary.ru/projects/subscription/rus_titles_open.asp)
3. Портал электронного обучения БГУ e.bsu.ru
4. Система дифференцированного интернет-обучения Hecadem
5. Moodle.bsu.ru
6. Личный кабинет преподавателя или студента БГУ <http://my.bsu.ru/>
7. Федеральное интернет – тестирование: проекты «Интернет-тренажеры в сфере профессионального образования» и «Федеральный интернет-экзамен в сфере профессионального образования».  
- электронные библиотечные системы: Руконт, издательство «Лань», Консультант студента  
- тестовый доступ: American Institute of Physics, Znaniun.com, Casc, Редакция журналов BMJ Group, БиблиоРоссика, электронная коллекция книг и журналов Informa Healthcare, Polpred, Science Translational Medicine, коллекция журналов BMG Group.

## 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><b>учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа:</b> аудитория № 405 (корпус химического факультета), аудитория №311 (корпус химического факультета), аудитория № 310 (корпус химического факультета), аудитория № 305 (корпус химического факультета).</p>  | <p style="text-align: center;"><b>Аудитория № 405</b><br/>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска, мультимедиа-проектор Mitsubishi XD3200U, экран с электроприводом 300*400см Spectra Classic</p> <p style="text-align: center;"><b>Аудитория № 311</b><br/>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска, проектор Mitsubishi XD 600U, экран с электроприводом Projecta 183*240см Matte white</p> <p style="text-align: center;"><b>Аудитория № 310</b><br/>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска, мультимедиа-проектор Mitsubishi EW230ST, экран настенный Classic Norma 244*183</p> <p style="text-align: center;"><b>Аудитория № 305</b><br/>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска, мультимедиа-проектор Mitsubishi EW230ST, экран настенный Classic Norma 244*183</p> | <p>1. Права на программы для ЭВМ операционная система для персонального компьютера Win SL 8 Russian OLP NL AcademicEdition Legalization GetGenuine.</p> <p>2. Права на программы для ЭВМ обновление операционной системы для персонального компьютера Windows Professional 8 Russian Upgrade OLP NL Academic Edition. Договор №104 от 17.06.2013 г. Лицензии бессрочные.</p> <p>3. Программа для ЭВМ Office Standard 2013 Russian OLP NL AcademicEdition. Договор №114 от 12.11.2014 г. Лицензии бессрочные.</p> <p>4. Права на использование программного обеспечения Kaspersky Endpoint Security для бизнеса - Стандартный, продление подписки на 1 год. Договор №31806820398 от 17.09.2018 г.</p> |
| <p><b>лаборатории:</b> аудитория № 405 (корпус химического факультета), аудитория №311 (корпус химического факультета), аудитория № 310 (корпус химического факультета), аудитория № 305 (корпус химического факультета), аудитория № 001 (корпус химического факультета), аудитория № 002 (корпус химического</p> | <p style="text-align: center;"><b>Аудитория № 405</b><br/>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска, мультимедиа-проектор Mitsubishi XD3200U, экран с электроприводом 300*400см Spectra Classic</p> <p style="text-align: center;"><b>Аудитория № 311</b><br/>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска, проектор Mitsubishi XD 600U, экран с электроприводом Projecta 183*240см Matte white</p> <p style="text-align: center;"><b>Аудитория № 310</b><br/>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска, мультимедиа-проектор Mitsubishi EW230ST, экран настенный Classic Norma 244*183</p> <p style="text-align: center;"><b>Аудитория № 305</b><br/>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска, мультимедиа-проектор Mitsubishi EW230ST, экран настенный Classic Norma 244*183</p> | <p>1. Права на программы для ЭВМ операционная система для персонального компьютера Win SL 8 Russian OLP NL AcademicEdition Legalization GetGenuine.</p> <p>2. Права на программы для ЭВМ обновление операционной системы для персонального компьютера Windows Professional 8 Russian Upgrade OLP NL Academic Edition. Договор №104 от 17.06.2013 г. Лицензии бессрочные.</p> <p>3. Программа для ЭВМ Office</p>  |

|  |  |  |
|--|--|--|
| <p>факультета), аудитория № 006 (корпус химического факультета), аудитория № 007 (корпус химического факультета), аудитория № 008 (корпус химического факультета)</p>  | <p><b>Аудитория № 001</b><br/>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска</p> <p><b>Аудитория № 002</b><br/>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска</p> <p><b>Аудитория № 006</b><br/>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска</p> <p><b>Аудитория № 007</b><br/>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска</p> <p><b>Аудитория № 008</b><br/>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска</p>  | <p>Standard 2013 Russian OLP NL AcademicEdition. Договор №114 от 12.11.2014 г. Лицензии бессрочные.</p> <p>4. Права на использование программного обеспечения Kaspersky Endpoint Security для бизнеса - Стандартный, продление подписки на 1 год. Договор №31806820398 от 17.09.2018 г.</p>  |
| <p><b>учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций, учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации:</b> аудитория № 405 (корпус химического факультета), аудитория №311 (корпус химического факультета), аудитория № 310 (корпус химического факультета), аудитория № 305 (корпус химического факультета), аудитория № 001 (корпус химического факультета), аудитория № 002 (корпус химического факультета), аудитория № 006 (корпус химического факультета), аудитория № 007 (корпус химического факультета), аудитория № 008 (корпус химического факультета)</p> | <p><b>Аудитория № 405</b><br/>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска, мультимедиа-проектор Mitsubishi XD3200U, экран с электроприводом 300*400см Spectra Classic</p> <p><b>Аудитория № 311</b><br/>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска, проектор Mitsubishi XD 600U, экран с электроприводом Projecta 183*240см Matte white</p> <p><b>Аудитория № 310</b><br/>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска, мультимедиа-проектор Mitsubishi EW230ST, экран настенный Classic Norma 244*183</p> <p><b>Аудитория № 305</b><br/>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска, мультимедиа-проектор Mitsubishi EW230ST, экран настенный Classic Norma 244*183</p> <p><b>Аудитория № 001</b><br/>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска</p> <p><b>Аудитория № 002</b><br/>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска</p> <p><b>Аудитория № 006</b><br/>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска</p> <p><b>Аудитория № 007</b><br/>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска</p> <p><b>Аудитория № 008</b><br/>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска</p> | <p>1. Права на программы для ЭВМ операционная система для персонального компьютера Win SL 8 Russian OLP NL AcademicEdition Legalization GetGenuine.</p> <p>2. Права на программы для ЭВМ обновление операционной системы для персонального компьютера Windows Professional 8 Russian Upgrade OLP NL Academic Edition. Договор №104 от 17.06.2013 г. Лицензии бессрочные.</p> <p>3. Программа для ЭВМ Office Standard 2013 Russian OLP NL AcademicEdition. Договор №114 от 12.11.2014 г. Лицензии бессрочные.</p> <p>4. Права на использование программного обеспечения Kaspersky Endpoint Security для бизнеса - Стандартный, продление подписки на 1 год. Договор №31806820398 от 17.09.2018 г.</p> |
| <p><b>помещение для самостоятельной работы:</b> зал доступа к электронной информации Библиотеки,</p>   | <p><b>Зал доступа к электронной информации Библиотеки</b><br/>ПК (моноблок) – 8 шт., подключенных к сети Интернет, неограниченный доступ к электронным БД и ЭБС; количество посадочных мест – 8.</p> <p><b>Читальный зал №1</b></p>  | <p>1. Права на программы для ЭВМ операционная система для персонального компьютера Win SL 8 Russian OLP NL AcademicEdition</p>   |

|  |  |  |
|--|--|--|
| <p>читальный зал №1 (главный корпус), читальный зал №2 (корпус физмата), читальный зал №4 (корпус биофака), читальный зал №5 (гуманитарный корпус), читальный зал №6 (корпус института права), читальный зал №7 (гуманитарный корпус), аудитория № 418 (корпус химического факультета)</p> | <p>Научный и учебный фонд, научная периодика, ПК (моноблок) - 3 шт, Wi-Fi доступ для мобильных устройств, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 76.<br/> <b>Читальный зал №2</b><br/> Научный и учебный фонд, научная периодика, Wi-Fi доступ для мобильных устройств, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 50.<br/> <b>Читальный зал №4</b><br/> Научный и учебный фонд, научная периодика, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 60.<br/> <b>Читальный зал №5</b><br/> Научный и учебный фонд, научная периодика, ПК (моноблок) - 3 шт, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 27.<br/> <b>Читальный зал №6</b><br/> Научный и учебный фонд, научная периодика, ПК (моноблок) - 6 шт, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 30.<br/> <b>Читальный зал №7</b><br/> Научный и учебный фонд, научная периодика, ПК (моноблок) - 5 шт, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 18.<br/> <b>Аудитория № 418</b><br/> Учебная мебель, факсимильным аппарат Panasonic KX-FL423RUB – 2 шт., эН-метр рН-150МИ (с гос. поверкой), автотрансформатор TDGC2-0.5K(0,5kBT; 2A,220/0-250В),3604, 99р Т.207/2-15, весы "Ohaus" PA64C (65г, 0,1мг) с поверкой, весы VIC-1500d1 (1500г. 100МГ, внешн.калибровка) ACCULAB, иономер И-160МИ с поверкой, комплекс вольтамперометрический СТА, компьютер в комплекте DEPO Neos 4601\Ю/монитор 20" Samsung BX2035/кпав./мышь, компьютер персональный №1 т.210-14/3, магнитная мешалка без нагрева Tolopino – 2шт, магнитная мешалка с нагревом и нанокерамич.поверх hG-MAG HS, метр-рН рН-150МИ (с гос.поверкой), монитор 19" LG L1919S BF Black (LCD&lt;TFT,8ms, 1280*1024,250КД/М.1 400:1,4:3 D-Sub), персональный компьютер в составе с/блок/Core J7-4770 (3.4)/H87/SYGA/HDD 500Gb, монитор ЖК"20"Веpl.клавиат ура+мышь, принтер Canon i-SENSYS MF3010, рН-метр рН-150МИ с гос.поверкой, системный блок ПК (775), шкаф сушильный LOIP LF-25/350-GS1, (310X 310x310 мм б/вентилятора.нерж.сталь цифровой контролер), количество посадочных мест – 10.</p> | <p>Legalization GetGenuine.<br/> 2. Права на программы для ЭВМ обновление операционной системы для персонального компьютера Windows Professional 8 Russian Upgrade OLP NL Academic Edition. Договор №104 от 17.06.2013 г. Лицензии бессрочные.<br/> 3. Программа для ЭВМ Office Standard 2013 Russian OLP NL AcademicEdition. Договор №114 от 12.11.2014 г. Лицензии бессрочные.<br/> 4. Права на использование программного обеспечения Kaspersky Endpoint Security для бизнеса - Стандартный, продление подписки на 1 год. Договор №31806820398 от 17.09.2018 г.</p> |
| <p><b>помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования:</b> аудитория № 416 (корпус химического факультета)</p>   | <p><b>Аудитория № 416</b><br/> Атомно-абсорбционный спектрофотометр модель AA-7000, фирмы "Шимадзу", Япония, баллон с гелием марки А – 2 шт, вентилятор ВЕНТС 100 ВКМц/*1/, газовый хромато-масс-спектрометр модель GCMS-QP 2010PIUS, компьютер в составе: системный блок, монитор, клавиатура, мышь, кондиционер QUATTROCUMA QV/QN-F12WA, ноутбук Fujitsu Lifebook F530 Intel Core i3-330M/4Gb/500Gb/ DVD-RW/ВТ/15.6"/Wi n7НВ+office, персональный компьютер в комплекте HP AiO 20"CQ 100 eu (моноблок), электроплитка Irit IR-8200,1500Вт диаметр конфорки 185мм.</p>  | <p>1. Права на программы для ЭВМ операционная система для персонального компьютера Win SL 8 Russian OLP NL AcademicEdition Legalization GetGenuine.<br/> 2. Права на программы для ЭВМ обновление операционной системы для персонального компьютера Windows Professional 8 Russian Upgrade OLP NL Academic Edition. Договор №104 от 17.06.2013 г. Лицензии бессрочные.</p>   |

|  |  |   |
|--|--|---|
|  |  | <p>3. Программа для ЭВМ Office Standard 2013 Russian OLP NL AcademicEdition. Договор №114 от 12.11.2014 г. Лицензии бессрочные.</p> <p>4. Права на использование программного обеспечения Kaspersky Endpoint Security для бизнеса - Стандартный, продление подписки на 1 год. Договор №31806820398 от 17.09.2018 г.</p> |
|  |  |   |

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ХИМИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ**

дисциплины КРИСТАЛЛОХИМИЯ на   6   семестр  
(наименование дисциплины)  
очная  
форма обучения

| <b>Вид работы</b>   | <b>Объем дисциплины</b> |
|---|-------------------------|
| Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)   | 2/72                    |
| Учебных часов на контактную работу с преподавателем:  | 48                      |
| лекций  | 16                      |
| практических/ семинарских   | -                       |
| лабораторных  | 32                      |
| других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР) | <b>0,2</b>              |
| Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)  | 24                      |
| Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)   |                         |

Форма(ы) контроля:  
зачет   6   семестр

| №<br>п/п | Тема и содержание  | Форма изучения материалов: лекции,<br>практические занятия, семинарские<br>занятия, лабораторные работы,<br>самостоятельная работа и трудоемкость (в<br>часах) |        |    |    | Основная и<br>дополнительная<br>литература,<br>рекомендуемая<br>студентам (номера из<br>списка) | Задания по<br>самостоятельной<br>работе студентов   | Форма текущего<br>контроля<br>успеваемости<br>(коллоквиумы,<br>контрольные<br>работы,<br>компьютерные<br>тесты и т.п.) |
|----------|--|--|--------|----|----|---|---|--|
|          |  | ЛК   | ПР/СЕМ | ЛР | СР |   |   |  |
| 1        | 2  | 3  | 4      | 5  | 6  | 7   | 8   | 9  |
| 1.       | Операции и элементы симметрии. Точечные и пространственные группы симметрии. Индексы ребер и граней.   | 2  | -      | 4  | 2  | [1-7]   | Выучить обозначения точечных групп симметрии по Г-М и Шенфлису, выполнить задания по построению стереографических проекций элементов симметрии ТГС. |  |
| 2.       | Кристаллическая решетка и кристаллическая структура. Трансляции. Подсчет количества узлов в решетках Бравэ. Определение числа формульных единиц, приходящихся на ячейку структуры. | 2  | -      | 4  | 4  | [1-7]   | Доказать существование 14 решеток Бравэ. Подсчитать число формульных единиц и стехиометрический состав веществ, приведенных в описании [7].         |  |
| 3.       | Теория шаровых упаковок. Симметрия шаровых слоев. Виды плотнейших упаковок. Решение задач  | 2  | -      | 4  | 2  | [1-7]   | Вычислить коэффициент компактности для  |  |

|    |   |   |   |   |   |       |   |  |
|----|---|---|---|---|---|-------|---|--|
|    | на определение структуры упаковок при разных к.ч.;<br>Слойность упаковок.<br>Запись фрагментов.<br>Расчет степени заполнения пространства ( $\xi$ ).  |   |   |   |   |       | ГЦК, ОЦК, ГПУ и алмазной упаковки   |  |
| 4. | Гомодесмические и гетеродесмические структуры. Типы химической связи в кристаллах. Отряды структур. а) Ионный тип связи, свойства. Расчет энергии кристаллической решетки. б) Металлическая связь. Особенность строения металлических кристаллов. в) Силы ван-дер-ваальса и кристаллы с ван-дер-ваальсовым взаимодействием. | 2 | - | 4 | 2 | [1-7] | Вывести пределы устойчивости структур ионных кристаллов для различных значений к.ч.<br>Решение задач [7]. |  |
| 5  | Понятие об атомных, ионных и эффективных радиусах. Методы их определения. Влияние поляризации на структуру кристаллов.  | 2 | - | 4 | 4 | [1-7] | Изучить современные методы для определения ионных, металлических и ван-дер-ваальсовых радиусов.           |  |
| 6  | Физические свойства кристаллов. Явления изоморфизма и полиморфизма  | 2 | - | 4 | 2 | [1-7] | Изучить структурно-чувствительные свойства кристаллов. Особые свойства:                                   |  |



|   |  |    |  |    |    |       |   |  |
|---|--|----|--|----|----|-------|---|--|
|   |  |    |  |    |    |       | спайность.<br>Электрические свойства:<br>пьезоэлектрические, пьезоэлектрические.<br>Оптические свойства кристаллов.   |  |
| 7 | Реальные кристаллы. Классификация дефектов структуры. Точечные дефекты. Дислокации. Основные представления о росте кристалла. Реальные формы роста кристаллов. Макроскопические дефекты. Эпитаксия.  | 2  |  | 4  | 4  | [1-7] | Выучить виды и свойства точечных (парных) и линейных дефектов кристаллической структуры. Математическая оценка искажений, вызванных дислокацией – примеры, решение задач. |  |
| 8 | Структурная химия силикатов. Классификация структур силикатов. Изовалентный и гетеровалентный изоморфизм в силикатах. Зависимость физических свойств силикатов от их строения. Природные и синтетические цеолиты, их структура, применение | 2  |  | 4  | 4  | [1-7] | Вывести составы кремнекислородных радикалов в зависимости от структуры силиката. Научиться определять вид силиката по его формуле.  |  |
|   | <b>Всего часов: 72</b>   | 16 |  | 32 | 24 |       |   |  |

## Рейтинг – план дисциплины

**Кристаллохимия программа бакалавриата**  
(название дисциплины согласно рабочему учебному плану)  
Направление 04.03.01 Химия

Направленность (профиль) программы Физическая химия

курс 3, семестр 6

| Виды учебной деятельности студентов                                    | Балл за конкретное задание | Число заданий за семестр | Баллы       |              |
|--|----------------------------|--------------------------|-------------|--------------|
|  |                            |                          | Минимальный | Максимальный |
| <b>Модуль 1</b>  |                            |                          |             |              |
| <b>Текущий контроль</b>  |                            |                          |             |              |
| 1. Аудиторная работа   | 5                          | 1                        | 0           | 5            |
| 2. Контрольная работа №1   | 10                         | 1                        | 0           | 10           |
| 3. . Контрольная работа №2   | 10                         | 1                        |             | 10           |
| <b>Рубежный контроль</b>   |                            |                          |             |              |
| 1. Коллоквиум  | 25                         | 1                        | 0           | 25           |
| <b>Модуль 2</b>  |                            |                          |             |              |
| <b>Текущий контроль</b>  |                            |                          |             |              |
| 1. Аудиторная работа   | 5                          | 1                        | 0           | 5            |
| 2. Тестовый контроль   | 5                          | 2                        | 0           | 10           |
| 3.Контрольная работа №3  | 10                         | 1                        | 0           | 10           |
| <b>Рубежный контроль</b>   |                            |                          |             |              |
| 1. Коллоквиум  | 25                         | 1                        | 0           | 25           |
| <b>Поощрительные баллы</b>   |                            |                          |             |              |
| 1. Студенческая олимпиада  | 5                          |                          |             |              |
| 2. Публикация статей   | 5                          |                          |             |              |
| 3. Изготовление моделей кристаллов                                     |                            |                          |             |              |
| <b>Посещаемость (баллы вычитаются из общей суммы набранных баллов)</b> |                            |                          |             |              |
| 1. Посещение лекционных занятий  |                            |                          | 0           | -6           |
| 2. Посещение практических (семинарских, лабораторных занятий)          |                            |                          | 0           | -10          |
| <b>Итоговый контроль</b>   |                            |                          |             |              |
| 1. Зачет   |                            | 60                       |             | 110          |