

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич  
Должность: врио ректора  
Дата подписания: 16.09.2022 15:36:48  
Уникальный программный ключ:  
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет»

Утверждаю:

Руководитель ООП

Феофанова М.А.

28 апреля 2021 г.



Рабочая программа дисциплины (с аннотацией)

## Кристаллохимия

### Направление подготовки

04.03.01 Химия

### Направленность (профиль)

Перспективные материалы: синтез и анализ

Для студентов 4 курса очной формы обучения

Составитель: к.х.н., Русакова Н.П. \_\_\_\_\_

Тверь, 2021

## **I. Аннотация**

### **1. Цель и задачи дисциплины:**

**Цель** освоения дисциплины: сформировать у студента основные представления учения о кристаллах, привить ему навыки определения кристаллических структур.

#### **Задачи:**

-обработка структурной информации, получаемой методами РСА и другими дифракционными методами, систематизация структурного материала,  
-выявление и интерпретация закономерностей, присущих строению кристаллических веществ, установление зависимости физических и химических свойств от структуры.

Кристаллохимия – наука о кристаллических структурах. Это важнейший раздел химии, базирующийся главным образом на данных рентгеноструктурного анализа (РСА), а также электронографии и нейтронографии.

Содержание дисциплины “Кристаллохимия”:

- предмет и задачи кристаллохимии;
- кристаллические структуры;
- основы рентгеноструктурного анализа;
- группы симметрии и структурные классы;
- общая кристаллохимия (типы химических связей в кристаллах, систематика кристаллических структур, шаровые упаковки и кладки, кристаллохимические радиусы атомов, изоморфизм и полиморфизм);
- избранные главы систематической кристаллохимии (простые вещества, бинарные и тернарные соединения, силикаты, органические вещества); обобщенная кристаллохимия.

### **2. Место дисциплины в структуре ООП**

Дисциплина «Кристаллохимия» входит в обязательную часть Блока 1. «Дисциплины» учебного плана.

Она имеет основополагающее значение и непосредственно связана прежде всего с курсом «Строение вещества».

### **3. Объем дисциплины: 3 зачетные единицы, 108 академических часов, в том числе:**

**контактная аудиторная работа;** лекции - 17 часов, практические занятия - 34 часа;

**контактная внеаудиторная работа:** контроль самостоятельной работы – 20 часов;

самостоятельная работа: 37 часов.

**4. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Планируемые результаты освоения образовательной программы (формируемые компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ОПК-3 Способен применять расчетно-теоретические методы для изучения свойств веществ и процессов с их участием с использованием современной вычислительной техники	ОПК-3.1 Применяет теоретические и полуэмпирические модели при решении задач химической направленности
ОПК-6 Способен представлять результаты своей работы в устной и письменной форме в соответствии с нормами и правилами, принятыми в профессиональном сообществе	ОПК-6.3 Представляет результаты работы в виде тезисов доклада на русском и английском языке в соответствии с нормами и правилами, принятыми в химическом сообществе  ОПК-6.4 Готовит презентацию по теме работы и представляет ее на русском и английском языках

**5. Форма промежуточной аттестации и семестр:**

зачет в 7-м семестре.

**6. Язык преподавания русский.**

**II. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

**1. Для студентов очной формы обучения**

Учебная программа – наименование разделов и тем	Всего (час.)	Контактная работа (час.)			Самостоятельная работа (час.)
		Лекции и	Практические занятия	Контроль самостоятельной работы	
Введение	2	2	-	5	-
Основы рентгеноструктурного анализа	6	1	-	5	3
Группы симметрии и структурные классы	30	4	8	5	8
Общая кристаллохимия	24	4	8		8

Систематическая кристаллохимия	24	2	10	5	10
Обобщенная кристаллохимия	24	4	8	5	8
<b>Итого</b>	<b>108</b>	<b>17</b>	<b>34</b>	<b>20</b>	<b>37</b>

### III. Образовательные технологии

Учебная программа – наименование разделов и тем	Вид занятия	Образовательные технологии
Введение	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Лекция</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• цифровые (показ презентаций),</li> <li>• групповая работа</li> </ul>
Основы рентгеноструктурного анализа	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Лекция</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• цифровые (показ презентаций),</li> <li>• групповая работа</li> </ul>
Группы симметрии и структурные классы	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Лекции</li> <li>• Практические занятия</li> <li>• Контроль самостоятельной работы</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• цифровые (показ презентаций),</li> <li>• групповая работа,</li> <li>• контрольная работа</li> </ul>
Общая кристаллохимия	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Лекции</li> <li>• Практические занятия</li> <li>• Контроль самостоятельной работы</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• цифровые (показ презентаций),</li> <li>• групповая работа</li> </ul>
Систематическая кристаллохимия	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Лекция</li> <li>• Практические занятия</li> <li>• Контроль самостоятельной работы</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция),</li> <li>• цифровые (показ презентаций),</li> <li>• групповая работа</li> </ul>
Обобщенная кристаллохимия	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Лекции</li> <li>• Практические занятия</li> <li>• Контроль самостоятельной работы</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• цифровые (показ презентаций),</li> <li>• групповая работа,</li> <li>• контрольная работа</li> </ul>

### IV. Оценочные материалы для проведения текущей и промежуточной аттестации

№	Результат (индикатор)	Вид/способ	Критерии оценивания
МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ АТТЕСТАЦИИ			

1	ОПК-3.1; ОПК-6.3; ОПК-6.4;	<b>вид:</b> практические работы по темам № 3 - № 6 <b>способ:</b> на компьютере <b>результаты:</b> презентация	Оценивается выполнение задания, оформленное в соответствии с требованиями.  3 работы (по 15 баллов каждая)  <b>Критерии оценки:</b> <i>15 баллов</i> – задание оформлено в соответствии с требованиями, в работе показаны межпредметные связи; <i>10 баллов</i> – задание частично оформлено в соответствии с требованиями, межпредметные связи выражены слабо; <i>5 баллов</i> – задание частично оформлено не в соответствии с требованиями, межпредметных связей нет, докладчик плохо понимает тему; <i>0 баллов</i> – задание не представлено;
2		<b>вид:</b> контрольная работа № 1 контрольная работа № 2 <b>способ:</b> традиционный <b>результаты:</b> оформленные по заданию бумажные бланки с решениями	10 баллов 10 баллов
3		<b>вид:</b> выполнение самостоятельной работы <b>способ:</b> на компьютере <b>результаты:</b> тезисы доклада на русском и английском языках, оформленные в соответствии с требованиями	12 баллов <b>Критерии оценки:</b> <i>12 баллов</i> – задание выполнено на двух языках, оформлено в соответствии с требованиями; <i>10 баллов</i> – задание частично оформлено в соответствии с требованиями, выполнено на двух языках; <i>5 баллов</i> – задание выполнено на одном языке, оформлено не в соответствии с требованиями; <i>0 баллов</i> – задание не представлено;
4		Посещаемость	0,5
		<b>Итого:</b>	<b>100 баллов</b>
<b>МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ</b>			
<i>Своевременное выполнение практических, контрольных и самостоятельной работ, посещение занятий и работа на них обучающегося (по итогам текущего контроля успеваемости) позволяют набрать студенту бакалавриата необходимое количество баллов для оценки «зачтено». В противном случае на зачет выносятся невыполненные элементы текущего контроля успеваемости.</i>			

### **Шкала оценивания выполнения индикаторов:**

Индикатор считается выполненным, если либо ко времени промежуточной аттестации обучающийся набрал как минимум пороговое количество баллов в результате текущего контроля за те виды активности (самостоятельная, контрольные и практические работы), которые отвечают за данный индикатор.

## **Шкала и критерии выставления оценок за дисциплину:**

Шкала и критерии выставления оценок «зачтено» и «незачтено» описаны в локальной нормативной документации Тверского государственного университета (Положение о рейтинговой системе обучения студентов ТвГУ). Положительная оценка может быть выставлена только в том случае, если выполнены все индикаторы.

## **V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### 1) Рекомендуемая литература

#### **а) Основная литература:**

1. Басалаев, Ю.М. Кристаллофизика и кристаллохимия / Ю.М. Басалаев; Мин. обр. и науки РФ, ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет». – Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2014. – 403 с.: ил. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=278304>
2. Урусов В.С., Ерёмин Н.Н. Кристаллохимия. Краткий Курс. МГУ, 2010, 256 с.– Электронный ресурс. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13343.html>
3. Пугачев, В.М. Кристаллохимия / В.М. Пугачев. – Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2013. – 104 с. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=232461>.

#### **б) Дополнительная литература:**

1. Белов Н.П. Основы кристаллографии и кристаллофизики. Часть I. Введение в теорию симметрии кристаллов [Электронный ресурс]: учебное пособие. — СПб.: Университет ИТМО, 2009. — 45 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/67480.html>
2. Строение вещества. Строение кристаллов [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.М. Голубев [и др.]. — М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2010. — 36 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/31270.html>
3. Куприянов М.Ф., Рудская А.Г., Кофанова Н.Б., Кабиров Ю.В., Разумная А.Г. Современные методы структурного анализа веществ. ЮФУ. 2009. 288 с. – Электронный ресурс. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/47135.html>
4. Новоселов, К.Л. Основы геометрической кристаллографии / К.Л. Новоселов;– Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2015. – 73 с.: ил., табл., схем. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=442772>
5. Ремпель, А.А. Нестехиометрия в твердом теле / А.А. Ремпель, А.И. Гусев. – Москва: Физматлит, 2018. – 638 с.: ил. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=485335>

### 2) Программное обеспечение

- а) Лицензионное программное обеспечение:
- Microsoft Office профессиональный плюс 2013
  - Microsoft Windows 10 Enterprise
  - HyperChem
- б) Свободно распространяемое программное обеспечение
- Google Chrome
  - ISIS Draw 2.4 Standalone
  - MarvinSketch 5.2.4

3) Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

- ЭБС «ZNANIUM.COM» [www.znanium.com](http://www.znanium.com);
- ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <https://biblioclub.ru/>;
- ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com>

4) Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

- Электронная образовательная среда ТвГУ <http://lms.tversu.ru>
- Научная библиотека ТвГУ <http://library.tversu.ru>
- Сайт о химии <http://www.xumuk.ru/>
- Сайт химического факультета МГУ <http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/phys.html>

## VI. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины

### 1. Задания и контроль самостоятельной работы

Перед каждым практическим занятием необходима самостоятельная работа по подготовке к его выполнению по индивидуальным темам. Для этого обучающемуся предлагаются темы для самостоятельной проработки. Данные, которые будут получены в результате выполнения тем, будут использованы в практических работах. Все практические работы, не выполненные в аудиторных часах занятий, так же остаются в качестве домашнего задания. Срок выполнения – две недели, после чего максимальное количество баллов за соответствующее задание снижается в два раза.

#### *Примеры тем для индивидуальной работы:*

1. Одномерный ряд. Период идентичности.
2. Трансляция. Двумерная решетка. Виды параллелограммов.
3. Ретикулярная плотность.
4. Пространственная решетка. Параллелепипед повторяемости.
5. Кристаллографические системы. Сингонии.
6. Элементарная ячейка. Типы решеток.
7. Символы узлов, рядов и плоскостей.

8. Кристаллографические проекции.
9. Простые формы кристаллов
10. Плотнейшая упаковка шаров.
11. Энергия решетки. Уравнение Борна.
12. Энантиоморфизм. Анизотропия кристаллов.
13. Доказать отсутствие в кристаллах осей 5-го порядка и порядков выше шестого.
14. Координационное число и координационный многогранник.
15. Решетчатое строение графита.
16. Структура льда. Водородная связь.
17. Точечные группы симметрии решёток низших сингоний.
18. Точечные группы симметрии решёток средних сингоний.
19. Решётки высших сингоний и их точечные группы симметрии.
20. Открытые элементы симметрии и их сочетания с трансляциями.
21. Закрытые операции и элементы симметрии кристаллов.
22. Энергия решетки и цикл Борна-Габера.
23. Изоморфизм и полиморфизм.
24. Правильные многогранники.
25. Структуры простых веществ.
26. Структуры бинарных соединений.
27. Химические связи в кристаллах.
28. Энергия решетки. Уравнение Капустинского.
29. Что такое кристалл?
30. Чем определяется характер двумерной решетки?
31. Чем определяется элементарная ячейка и ее форма?
32. От чего зависит спайность кристалла?
33. Перечислить примитивные элементарные ячейки, соответствующие кристаллографическим системам?

Студент бакалавриата может выбрать другую тему более близкий к своей научной работе после согласования с преподавателем дисциплины.

### *Методические указания по подготовке к практическим занятиям*

Данный курс относится к обязательным дисциплинам и является важным для студентов, специализирующихся на всех кафедрах химико-технологического факультета. Специфика курса заключается в том, что все темы связаны между собой. Поэтому изучение каждой последующей нельзя начинать, не изучив предыдущую тему. Таким образом, изучать материал необходимо систематически и особо останавливаться на контроле знаний студентов.

В связи со значительным сокращением объема аудиторной нагрузки самостоятельная работа при изучении данного курса играет решающую роль. Вследствие этого в качестве усвоения пройденного материала студентам,



дается домашнее задание, предлагаются контрольные работы в каждом модуле и на каждом новом занятии проводится экспресс-опрос. На занятиях также большое внимание уделяется написанию студентами тезисов докладов с целью проверки умения самостоятельно прорабатывать научную литературу и докладывать ее коллегам.

### *Темы практических занятий.*

1. Понятие кристаллической структуры. Основные модели (статические и динамические, дискретные и континуальные). Стереохимический и кристаллоструктурный аспекты кристаллохимии
2. Симметрия молекул и внешней формы кристаллов. Кристаллографические точечные группы (32 кристаллических класса). Сингонии (распределение классов)
3. Внутренняя симметрия кристалла. Трансляция. Параллелепипеды повторяемости. Кристаллическая решетка. Элементарная ячейка. Винтовые оси. Плоскости скользящего отражения. Решетки Бравэ. Пространственные группы
4. Типы химических связей в кристаллах. Ионные, атомные, молекулярные кристаллы. Металлы
5. Структурные типы простых веществ (металлы и неметаллы) и ряда неорганических соединений: NaCl, CsCl, ZnS (сфалерит), ZnS (вюртцит), NiS, BN, CaF<sub>2</sub> (флюорит), TiO<sub>2</sub> (рутил), Cu<sub>2</sub>O (куприт), FeS<sub>2</sub> (пирит)
6. Кристаллохимия силикатов
7. Молекулярные кристаллы (органические соединения)
8. Структура координационных соединений
9. Жидкие кристаллы
10. Энергия кристаллической решетки.

### **2. Тематическое наполнение дисциплины (для дополнительного самостоятельного изучения)**

#### ***1. ВВЕДЕНИЕ***

Предмет и задачи кристаллохимии. Кристаллическая структура и способы ее моделирования. Тепловое движение атомов. Электронная плотность (топологический анализ). Базы структурных данных.

Стереохимический и кристаллоструктурный аспекты кристаллохимии. Использование рентгеноструктурных и кристаллохимических данных в химии, молекулярной биологии. Обобщенная кристаллохимия.

#### ***2. ОСНОВЫ РЕНТГЕНОСТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА***

Дифракция рентгеновских лучей. Уравнение Лауэ. Методы получения дифракционной картины. Автоматические дифрактометры. Уравнение Брэгга-Вульфа. Индексы узловых сеток. Межплоскостные расстояния. Интенсивность дифракционного луча. Структурная амплитуда. Формула электронной плотности.

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

### **3. ГРУППЫ СИММЕТРИИ И СТРУКТУРНЫЕ КЛАССЫ**

Симметричные операции и элементы симметрии. Поворотные и инверсионные оси. Международная номенклатура (символы Германа - Могена) и симметричные обозначения Шенфлиса. Точечные группы. Обычные и стереографические проекции. Симметрия молекул. Структурные классы и симметричные свойства молекул. Полярность и хиральность молекул. Энантиомеры. Многогранники. Изоэдры и их комбинации. Изогоны. Трансляция. Параллелепипеды повторяемости. Кристаллическая решетка и ее симметрия. Элементарная ячейка. Кристаллографические точечные группы (кристаллические классы).

Зависимость физических свойств кристаллов от их симметрии. Свойства как тензоры 2-го ранга (электропроводность, диэлектрическая проницаемость, тепловое расширение и др. Пиро- и пьезоэлектрические свойства.

Винтовые оси. Плоскости скользящего отражения. Решетки Бравэ.

Пространственные группы симметрии (принцип их вывода). Структурные классы атомных и молекулярных кристаллов.

### **4. ОБЩАЯ КРИСТАЛЛОХИМИЯ**

Типы химических связей в кристаллах. Гомо- и гетеродесмические структуры. Координационные, островные, цепочечные, слоистые, каркасные структуры. Координационное число (КЧ) и координационный многогранник (КМ) или полиэдр. Собственная симметрия КМ. Структурные типы.

Описание структур в терминах плотнейших шаровых упаковок (ПШУ) и плотнейших шаровых кладок (ПШК).

Термодинамика кристаллов. Расчет термодинамических функций.

Кристаллохимические радиусы атомов. Металлические и ионные радиусы.

Ковалентные и ван-дер-ваальсовы радиусы.

Кристаллохимические явления. Изоструктурность. Изоморфизм.

Полиморфизм., политипия. Морфотропия.

### **5. СИСТЕМАТИЧЕСКАЯ КРИСТАЛЛОХИМИЯ**

Простые вещества. Типичные и аномальные структуры металлов. Особенности координации переходных и непереходных металлов. Кристаллические структуры неметаллов. Бинарные и тернарные соединения.

Структурные типы перовскита и шпинели.

Строение силикатов. Классификация структур силикатов.

Кристаллические структуры координационных соединений. Структуры соединений с полидентатными лигандами (комплексонаты, комплексы краун-эфиров).

Общая характеристика молекулярных кристаллов. Особенности органических кристаллов. Специфические межмолекулярные контакты. Водородная связь.

Гетеромолекулярные кристаллы. Кристаллогидраты. Клатраты. Молекулярные комплексы.

Межмолекулярное взаимодействие (МВ) в атом-атомном представлении (расчет энергии МВ для органических кристаллов).

## **6. *ОБОБЩЕННАЯ КРИСТАЛЛОХИМИЯ***

Конденсированные фазы с разной степенью упорядоченности. Дальний и ближний порядок. Кристаллы и квазикристаллы. Мезофазы.

Строение жидких кристаллов. Нематики, холестерики, смектики.

Жидкокристаллические полимеры.

### **3. Примерные задания для контрольной работы:**

#### **Задание 1 (выберите верный ответ).**

Перечислите основные задачи кристаллохимии?

- а) определение, описание и систематизация кристаллических структур;
- б) интерпретация кристаллических структур;
- в) предсказание корреляции структура-свойства;
- г) работа по добыче полезных ископаемых.

#### **Задание 2 (выберите верный ответ).**

Однородность кристаллов это:

- а) независимость состава от направления;
- б) одинаковость свойств во всем объеме;
- в) одинаковость свойств по одинаковым направлениям;
- г) различие свойств по разным направлениям;
- д) идентичность внутреннего строения не зависимо от элемента объема.

#### **Задание 3 (выберите верный ответ).**

Элементы симметрии, образующие точечную группу это:

- а) только оси симметрии;
- б) только центр инверсии;
- в) только зеркальные плоскости симметрии;
- г) поворотные оси, зеркальные плоскости, центр симметрии;
- д) плоскости скольжения и винтовые оси;
- е) трансляции.

#### **Задание 4.**

**Дайте определения следующим терминам в терминах кристаллохимии:**

- Внутренняя симметрия кристалла;
- Трансляция;
- Параллелепипеды повторяемости;
- Кристаллическая решетка;
- Элементарная ячейка;
- Винтовые оси;
- Плоскости скользящего отражения;
- Решетки Бравэ;
- Пространственные группы.

### **Задание 5.**

**Охарактеризуйте понятия кристаллохимии – не более 4 предложений по каждому:**

- Симметрия молекул и внешней формы кристаллов;
- Кристаллографические точечные группы (32 кристаллических класса);
- Сингонии (распределение классов).

### **Задание 6 (выберите верный ответ).**

Рентгеноструктурный анализ позволяет определить?

- а) атомную структуру вещества;
- б) молекулярную структуру вещества;
- в) надмолекулярную структуру вещества;
- г) вес кристалла.

### **Задание 7 (выберите верный ответ).**

Электроннография это:

- а) взаимодействие инфракрасного излучения с веществом;
- б) резонансное поглощение или излучение электромагнитной энергии веществом, содержащим ядра с ненулевым спином во внешнем магнитном поле;
- в) метод изучения строения вещества, основанный на рассеянии ускоренных электронов на исследуемом образце;
- г) взаимодействие ультрафиолетового излучения с веществом.

### **Задание 8 (выберите верный ответ).**

Кристаллическая решетка магния относится к:

- а) ОЦКУ;
- б) ГПУ;
- в) ГКУ;
- г) ПШУ.

#### **4. Вопросы к зачету.**

1. Кристаллическая структура и способы ее моделирования.
2. Одномерный ряд, трансляция, период идентичности. Двумерная решетка.
3. Базы структурных данных. Использование рентгеноструктурных и кристалло-химических данных в химии, молекулярной биологии.
4. Стереохимический и кристаллоструктурный аспекты кристаллохимии.
5. Основы рентгеноструктурного анализа. Сравнение дифракционных методов изучения кристаллической структуры (рентгенография, нейтронография, электронография).
6. Симметрия внешней формы кристаллов. Кристаллографические точечные группы (кристаллические классы). Сингонии.
7. Внутренняя симметрия кристалла. Кристаллическая решетка. Элементарная ячейка. Трансляция. Винтовые оси. Плоскости скользящего отражения.
8. Решетки Бравэ. Пространственные группы.
9. Типы химических связей в кристаллах.
10. Плотнейшие шаровые упаковки и кладки.
11. Кристаллохимические радиусы. Металлические и ионные радиусы. Ковалентные и ван-дер-ваальсовы радиусы.
12. Координационное число и координационный многогранник
13. Структурные типы простых веществ и бинарных соединений.
14. Структурный тип перовскита.
15. Структурный тип шпинели.
16. Кристаллохимия силикатов.
17. Кристаллическая структура координационных соединений.
18. Молекулярные кристаллы (органические соединения).
19. Межмолекулярное взаимодействие в атом-атомном представлении (органические кристаллы).
20. Жидкокристаллическое состояние.

#### **4. Указания для обучающихся**

Организуя свою учебную работу студенты должны, во-первых, выявить рекомендуемый режим и характер учебной работы по изучению теоретического курса, практическому применению изученного материала, по выполнению заданий для самостоятельной работы, по использованию информационных технологий и т.д. Во-вторых, ознакомиться с указанным в методическом материале по дисциплине перечнем учебно-методических изданий, рекомендуемых студентам для подготовки к занятиям и выполнению самостоятельной работы, а также с методическими материалами на бумажных и/или электронных носителях, предоставляемых студентам преподавателем во время занятий.

Самостоятельная работа обучающихся, предусмотренная учебным планом, должна соответствовать более глубокому усвоению изучаемого курса, формировать навыки исследовательской работы и ориентировать студентов на умение применять теоретические знания на практике.

## **VII. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине:**

В ходе изучения дисциплины используется лекционный класс и химическая лаборатория, оснащенная необходимым оборудованием:

1. Учебная аудитория с мультимедийной установкой,
2. Химическая лаборатория,
3. Методические руководства по выполнению лабораторных работ.

## **VIII. Сведения об обновлении рабочей программы дисциплины**

№п.п.	Обновленный раздел рабочей программы дисциплины	Описание внесенных изменений	Реквизиты документа, утвердившего изменения
1.	Раздел I Аннотация.	Измены часы лекций и практических занятий согласно учебному плану на 2021-2022 уч. год	Протокол №11 от 28.04.21г. заседания ученого совета химико-технологического факультета
2.	Раздел V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	Дополнен список основной и дополнительной литературы	Протокол №11 от 28.04.21г. заседания ученого совета химико-технологического факультета