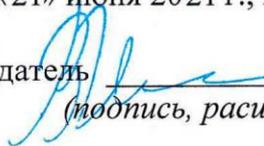


Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

### УТВЕРЖДЕНО

решением Ученого совета института  
медицины, экологии и физической культуры  
от «21» июня 2021 г., протокол № 10/230



Председатель  / В.И. Мидленко /  
(подпись, расшифровка подписи)  
21 июня 2021 г.

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина	<b>КРИСТАЛЛОХИМИЯ</b>
Факультет	<b>Экологический</b>
Кафедра	<b>Общей и биологической химии</b>
Курс	<b>4</b>

Направление (специальность) **04.03.01 Химия**

Направленность (профиль/специализация) **Химия окружающей среды, химическая экспертиза и экологическая безопасность**

Форма обучения **Очная**

Дата введения в учебный процесс УлГУ: « 1 » сентября 2021 г.

Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № 1 от 31.08.2022 г.

Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № 1 от 30.08.2023 г.

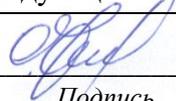
Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № 1 от 29.08.2024 г.

Сведения о разработчиках:

ФИО	Кафедра	Должность, ученая степень, звание
Жуков Константин Петрович	-	к.б.н., доцент

СОГЛАСОВАНО

Заведующий выпускающей кафедрой

(  / Шроль О.Ю. /  
Подпись ФИО

« 16 » июня 2021 г.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

## 1 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Целью освоения дисциплины** - формирование представлений об основах теории симметрии кристаллов и элементах теории рентгеновской дифракции, об основных понятиях и категориях теоретической кристаллохимии, знакомство с базовыми структурным типам неорганических соединений

### Задачи освоения дисциплины:

- освоение теоретических представлений о структуре кристаллических твердых тел;
- освоение методов описания кристаллических структур;
- получение представления о связи строения и свойств кристаллов

## 2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП:

Дисциплина относится к вариативная части учебного плана (Б1.В.ОД.4). Для изучения дисциплины необходимы знания вопросов предшествующих изучаемых дисциплин – неорганическая, органическая, физическая химия, строение вещества и др.. Данная дисциплина изучается на 4 курсе.

## 3 ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОПОП

№ п/п	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или ее части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
			знать	уметь	владеть
1	ПК-1	способен выполнять стандартные операции по предлагаемому методикам	основы описания кристаллических структур и основы теоретической кристаллохимии.	выполнять стандартные действия (определять элементы симметрии молекул, многогранников и кристаллических структур, строить кристаллографическую проекцию, описывать кристаллические структуры с точки зрения теоретической кристаллохимии, определять связь строения с физическими свойствами веществ и т.п.) с учетом основных понятий и общих закономерностей, формулируемых в рамках дисциплины кристаллохимия	навыками работы с учебной литературой по основным разделам кристаллохимии

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

#### 4. ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ

**4.1. Объем дисциплины в зачетных единицах (всего) 2 ЗЕТ**

**4.2. По видам учебной работы ( в часах): 72**

Вид учебной работы	Количество часов (форма обучения - <b>очная</b> )	
	Всего по плану	В т.ч. по семестрам
		8
Контактная работа обучающихся с преподавателем в соответствии с УП	42	42
Аудиторные занятия:	42	42
лекции	28	28
семинары и практические занятия	-	-
лабораторные работы, практикумы	14	14
Самостоятельная работа	30	30
Форма текущего контроля знаний и контроля самостоятельной работы: тестирование, контрольная работа, коллоквиум, реферат и др. (не менее 2 видов)	устный опрос, тестирование	устный опрос, тестирование
Курсовая работа	-	-
Виды промежуточной аттестации (зачет)	-	-
Всего часов по дисциплине	72	72

**4.3. Содержание дисциплины. Распределение часов по темам и видам учебной работы:**

Форма обучения очная

Название и разделов и тем	Всего	Виды учебных занятий					Форма текущего контроля знаний
		Аудиторные занятия			в т.ч. занятия в интерактивной форме	Самостоятельная работа	
		лекции и	практические занятия, семинары	лабораторные работы			
1	2	3	4	5	6	7	8
Предмет, задачи и основные понятия кристаллохимии		2		2	2	4	тест, устный опрос
Группы симметрии и структурные классы		6		4	2	4	тест, устный опрос
Основы рентгеноструктурного анализа		6			2	4	тест, устный опрос
Основные понятия кристаллохимии		2		4	2	4	тест, устный опрос

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

Основные категории теоретической кристаллохимии		6		4	2	4	тест, устный опрос
Важнейшие структурные типы		2			2	4	тест, устный опрос
Прикладные аспекты кристаллохимии		4			2	4	тест, устный опрос
Итого:	72	28		14	18	36	

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### Тема 1. Предмет, задачи и основные понятия кристаллохимии

Введение в кристаллохимию и кристаллографию. История становления кристаллохимии, изучение изоморфизма и полиморфизма. Предмет и задачи кристаллохимии. Зависимость свойств вещества от состава и строения. Классификация кристаллов по размерам, симметрии и структуре. Атомная структура и кристаллическая решетка. Элементарная ячейка, понятие характеристики. Ячейки примитивные и непримитивные. Франкенгейм и Бравэ – основатели теории кристаллических решеток. Роль симметрии, прямых углов, объема при выборе ячейки. Основные элементы кристаллической решетки: узлы, узловы́е ряды, узловы́е плоскости-сетки. Узлы решетки и их координаты-индексы. Периоды трансляции узловых рядов. Индексы [1] - [5] 3 кристаллографических направлений. Ребра кристалла и узловы́е ряды. Узловы́е сетки – кристаллографические плоскости. Закон целых чисел Гаюи, параметры Вейсса, индексы Миллера. Индексы плоскостей и граней. Межплоскостные расстояния, зависимость от параметров решетки и ориентации (индексов Миллера). Квадратичные формы: вывод для прямоугольных решеток – ромбической, тетрагональной, кубической. Основные законы кристаллографии с позиций решеточного строения кристаллов. Принципы формирования граней и габитуса.

### Тема 2 Группы симметрии и структурные классы

Симметрия кристаллов и кристаллических многогранников. Стереографическая проекция, правила построения. Поворотные и отражательные элементы симметрии в кристаллах. Построение проекции элементов симметрии. Вертикальное и поперечное положение осей, особенности положения симметричных точек на проекции. Сложные элементы симметрии: зеркально-поворотные и инверсионные оси. Взаимодействие (произведение) элементов симметрии: нагляднографический способ (при помощи построения проекции), координатный метод. Законы взаимодействия элементов симметрии. Схема вывода 32 точечных групп (классов) симметрии. Основные классы: примитивный, центральный, аксиальный, планальный, план- аксиальный.

### Тема 3 Основы рентгеноструктурного анализа

Рентгенография - как основной экспериментальный [1] - [5] 4 метод кристаллохимии. Дифракционные методы исследования строения вещества. Основные методы регистрации дифракционной картины: порошковые методы, монокристалльные методы. Основные цели рентгенографического исследования: рентгенофазовый анализ (качественный и количественный), анализ текстуры, рентгеноструктурный анализ (определение параметров решетки и кристаллической структуры). Природа рентгеновских лучей. Открытия В. Рентгена и М. Лауэ. Устройство и принцип работы рентгеновской трубки. Спектры рентгеновской трубки: сплошной (тормозной) и линейчатый (характеристический). Тонкая структура линейчатого спектра. Закон Мозли. Рассеяние рентгеновских лучей, вклад ядер. Основные принципы дифракции. Когерентность волн, вторичные волны. Интерференция и дифракция. Дифракция на малых объектах, на идеально- бесконечных кристаллах. Описание дифракции на узловых рядах кристаллической решетки по Лауэ. Дифракционные конусы вокруг узловых рядов. Основное назначение лауэграмм. Дифракция как отражение, формула Вульфа- Брэгга. Основные методы получения дифракционной картины в свете отражательной теории дифракции. Полихроматический метод. Индексирование порошковых рентгенограмм, определение параметров кристаллической решетки. Основные факторы, определяющие интенсивность дифракционных рефлексов (отражений): угловые факторы, фактор повторяемости, поглощение, тепловой фактор. Вывод структурного фактора. Понятие о методах

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

определения координат атомов. Метод проб и ошибок, метод тяжелого атома, метод расчета электронной плотности.

#### Тема 4 Основные понятия кристаллохимии

Химическая связь в кристаллах: металлическая, ионная, ковалентная, ван-дер-ваальсова. Межатомные расстояния. Системы кристаллохимических радиусов: ионные, ковалентные, металлические, ван-дер-ваальсовы. Размеры атомов и ионов и Периодическая система элементов. Концепция плотнейших упаковок атомов и ионов как жестких равновеликих шаров. основные типы упаковок: двухслойная (гексагональная), трехслойная (кубическая), четырехслойная, политепия. Характеристики упаковок: типы пустот (тетраэдрические, октаэдрические), коэффициент компактности. Основные структуры с плотнейшими упаковками атомов

#### Тема 5 Основные категории теоретической кристаллохимии

Понятия кристаллическая решетка и структура. Понятие об элементарной ячейке. Четырнадцать решеток Бравэ. Индексы узлов и кристаллографических направлений. Индексы кристаллографических плоскостей (Вейсса и Миллера).

#### Тема 6 Важнейшие структурные типы

Пространственные группы симметрии и принципы вывода. Правильные системы точек. Применение правильных систем в анализе структуры. Основные виды химической связи в кристаллах. Размеры атомов и ионов и Периодический закон. Понятие о твердых растворах, основные типы. Фазовые диаграммы с твердыми растворами.

#### Тема 7 Прикладные аспекты кристаллохимии

Пространственная симметрия. Симметрия кристаллической структуры. Пространственные элементы симметрии: плоскости скользящего отражения, винтовые оси. Энантиоморфизм и винтовые оси. Понятие о пространственных (федоровских) группах симметрии. Принципы международной символики пространственных групп. Особенности взаимодействия пространственных элементов симметрии. Координатный способ вывода групп и дополнительная информация, получаемая этим методом. Правильные системы точек, системы общие и частные, кратность и симметрия позиций.

## 6. ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ И СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ

Не запланировано учебным планом

## 7. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ, ПРАКТИКУМЫ

Лабораторная работа № 1 Техника безопасности и правила поведения в химической аудитории

Цель работы: Изучение правил охраны труда и основных приемов работы в химической лаборатории.

Теория: Основные понятия химии (атом, химический элемент, молекула, химическое уравнение, относительная атомная и молекулярная масса, моль, молярная масса). Атомно-молекулярная теория. Закон постоянства состава (закон Пруста), закон эквивалентов, закон кратных отношений (закон Дальтона). Закон сохранения массы и энергии. Газовые законы.

Оборудование и реактивы

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

Пробирки, колбы, пипетки, воронки, прибор Киппа, универсальные штативы, шпатели, мерные колбы, бюретки, песчаные и водяные бани, тигели, тигельные щипцы, держатель для пробирок, огнезащитная сетка, спиртовки, спички, ступки с пестиками, фильтровальная бумага, промывные склянки.

### **Общие правила работы в лаборатории**

1. До начала работы, используя методическое пособие (практикум), учебник и конспект лекций, подготовьтесь к ней.
2. В химической лаборатории работайте в халате. В лаборатории запрещается снимать и развешивать верхнюю одежду, громко разговаривать, принимать пищу, курить.
3. Звуковые сигналы мобильных телефонов во время занятий должны быть отключены.
4. Запрещается покидать помещение лаборатории без разрешения преподавателя.
5. Запрещается без разрешения преподавателя включать и выключать электричество на рабочих столах, водяные краны, приборы.
6. Рабочее место содержите в чистоте, не загромождайте его лишними предметами. На рабочем столе должно находиться только то, что нужно для выполнения текущей работы.
7. Храните портфели, сумки и другие вещи в специально отведенных местах.
8. Реактивы, предназначенные для общего пользования, находятся в специально отведенных для них местах (под тягой, на полках рабочих мест или на специальных столах), нельзя перемещать их оттуда. После взятия требуемого количества реактива немедленно возвращайте на место пробки или пипетки от них, чтобы не спутать пробки от разных реактивов. Если к бутылки с раствором не прилагается пипетка, используйте чистую пипетку, которую после этого промойте. Твердые реактивы берите из тары шпателем или фарфоровой ложкой.
9. Если реактив взят в избытке и не израсходован полностью, нельзя возвращать его обратно в тару (склянку или банку).
10. По окончании работы уберите свое рабочее место, выключите приборы, которые Вы использовали, закройте краны с водой. Сдайте свои рабочие места лаборанту.
11. Запрещается проводить опыты, не относящиеся к данной работе, без разрешения преподавателя.
12. При создании нестандартной ситуации в лаборатории немедленно сообщите преподавателю и выйдите из лаборатории.

### **Техника безопасности и меры предосторожности**

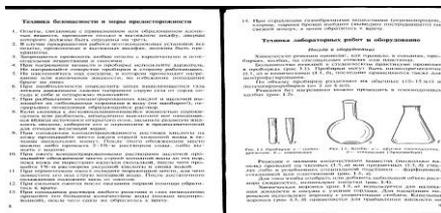
1. Все опыты, связанные с применением или образованием ядовитых веществ а также вредных паров и газов, проводите только в вытяжном шкафу, дверцы которого должны быть опущены на треть.
2. В случае прекращения работы вентиляционных установок все опыты в вытяжных шкафах должны быть прекращены.
3. Запрещается проводить любые опыты с взрывчатыми и огнеопасными смесями.
4. Опыты с легковоспламеняющимися веществами проводите в малых количествах (не более 2 мл) и вдали от открытого огня.
5. При нагревании растворов и веществ в пробирке используйте держатель. Не обращайтесь отверстие пробирки в сторону работающих.
6. Не наклоняйтесь над сосудом, в котором происходит нагревание или кипение жидкости, во избежание попадания брызг в лицо.
7. При необходимости определить запах паров (выделяющегося газа) легким движением ладони направьте струю газа от горла сосуда к себе и осторожно вдохните.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

8. При разбавлении концентрированных кислот и щелочей небольшими порциями вливайте кислоту (или концентрированный раствор щелочи) в воду, непрерывно помешивая образующийся раствор.
9. Если склянка с легко воспламеняющейся жидкостью опрокинулась или разбилась, немедленно выключите все находящиеся вблизи источники открытого огня, засыпьте разлитую жидкость песком, соберите его и перенесите в предназначенный для этого железный ящик.
10. При попадании концентрированного раствора кислоты на кожу промойте место ожога струей воды в течение нескольких минут. После этого можно либо промыть обожженное место 2–3% раствором соды, либо вымыть с мылом.
11. При ожоге концентрированными растворами щелочей промойте обожженное место струей воды до тех пор, пока кожа не будет казаться скользкой, после чего промойте 1% раствором уксусной кислоты и снова водой.
12. При термическом ожоге охладите пораженное место, для чего поместите его под струю холодной воды. После охлаждения смажьте мазью от ожогов.
13. При сильных ожогах после оказания первой помощи обратитесь к врачу.
14. При попадании раствора любого реактива в глаз немедленно промойте его большим количеством воды, после чего сразу же обратитесь к врачу.
15. При отравлении газообразными веществами (сероводородом, хлором, парами брома) выйдите (выведите пострадавшего) на свежий воздух, а затем обратитесь к врачу.

## Техника лабораторных работ и оборудование

### Посуда и оборудование



Химические реакции проводят, как правило, в стаканах, пробирках, колбах, на специальных стеклах или пластинах. Большинство реакций проводят в пробирках (рис. 1.1). Пробирки могут быть цилиндрическими и коническими, последние применяются также для центрифугирования. По объему пробирки разделяют на обычные (10–15 мл) и полумикропробирки (от 2 до 6 мл). Реакции без нагревания можно проводить в плоскодонных колбах (рис. 1.2).



Рис. 1.3. Стекла: а – часовое, б – предметное; в – пластинка для проведения реакций с малыми количествами веществ

Реакции с малыми количествами вещества (несколько капель) проводят на часовых (1.3, а) или предметных (1.3, б) стеклах либо в углублениях специальной пластинки – фарфоровой, стеклянной или пластиковой (рис. 1.3, в).

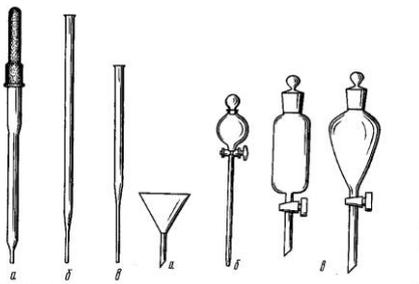


Рис. 1.4. Пипетки: а, б – каменные, в – для отделения жидкости от осадка  
Рис. 1.5. Химическая (а), капельная (б) и делительная (в) воронки

Для того чтобы отобрать или добавить небольшой объем раствора (жидкости), используют пипетки (рис. 1.4). Химическая воронка (рис. 1.5, а) используется для наливания жидкости в сосуды с узкими горлами. Для насыпания порошков используют воронку с укороченным стеблем. Капельная воронка (рис. 1.5, б) применяется для прибавления жидкости по каплям в реакцию смесь (в течение длительного времени), делительная – для разделения двух несмешивающихся жидкостей (рис. 1.5, в).

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

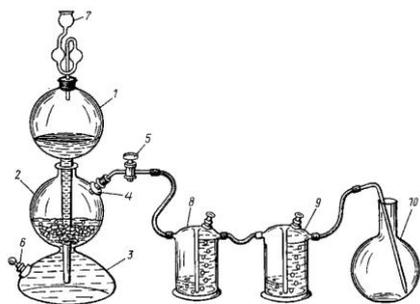


Рис. 1.7. Прибор (аппарат) Киппа.  
1, 2, 3 — шарообразные резервуары; 4 — тубус с пробкой и стеклянной трубкой;  
5 — кран; 6 — пробка; 7 — предохранительная склянка; 8, 9 — промывалки;  
10 — приемник газа

Для получения газов в лаборатории используются различные приборы прерывного действия. Для получения небольших количеств газа можно использовать прибор, собранный из колбы Вюрца и капельной воронки (рис. 1.6, а) или пробирки с отводом (пробирки Вюрца) и капельной воронки (рис. 1.6, б).

В аппарате Киппа газ получают реакцией между жидкостью (например, раствором кислоты) и твердым веществом (мрамор, сульфид железа, цинк). На рисунке 1.7 показан аппарат Киппа в действии.

Прибор Киппа состоит из трех резервуаров (рис. 1.7). Верхний резервуар (1) является шарообразной воронкой с длинным сужающимся концом. Резервуар (1) вставлен в средний резервуар (2) на шлифе. Над верхним резервуаром устанавливается предохранительная склянка (7).

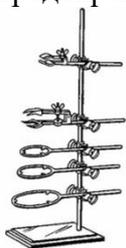


Рис. 1.8. Универсальный штатив

Кусочки твердого вещества загружают в средний резервуар через тубус (4). После этого тубус закрывают пробкой, в которую вставлена стеклянная трубка с краном (5) для выхода и регулирования потока получаемого газа. При открытом кране жидкость проходит в нижний резервуар (3), а из него в средний (2). Нижний резервуар также имеет пробку (6), через которую сливают отработанную жидкость. Выделяющийся газ при необходимости пропускают через промывные склянки (8, 9) и собирают в приемник (10).

Для сборки приборов служит металлический универсальный штатив с различными лапками и кольцами (рис. 1.8).

### Квалификация реактивов

По существующему положению для реактивов установлены квалификации «технический» (т.), «чистый» (ч.), «чистый для анализа» (ч. д. а.), «химически чистый» (х. ч.) и «особо чистый» (ос. ч.), последняя иногда делится на несколько марок. Содержание примесей может различаться для различных реактивов одной квалификации в несколько раз, в зависимости от того, насколько легко поддается очистке и для чего предназначен препарат. Препараты квалификации «чистый» могут применяться в различных учебных работах, «чистый для анализа» – в аналитических и научно-исследовательских работах, реактивы квалификации «химически чистый» используются для особо ответственных работ. Препараты особой очистки (квалификация ос. ч.) применяются в специальных целях.

### Правила работы с химическими реактивами

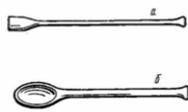


Рис. 1.9. Шпатель (а) и фарфоровая ложка (б)

Сыпучие реактивы из банки (тары) отбирают шпателем (рис. 1.9, а) (или фарфоровой ложкой, рис. 1.9, б), растворы (жидкости) наливают из склянок либо отбирают прилагаемыми (вставленными в пробку) пипетками. Просыпанный (пролитый) реактив или реактив, по ошибке взятый в избытке, нельзя возвращать обратно в тару. Его следует утилизировать.

Утилизация отходов (остатков) реактивов и нейтрализация полученных в результате экспериментов смесей производится следующим образом: водные растворы опасных веществ (кислот и оснований малой концентрации) выливают в раковину. Отходы органических растворителей, солей серебра и ртути собирают в вытяжном шкафу в отдельные склянки с соответствующими надписями. Растворы, содержащие аммиак, се-

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

ководород, хлор и другие опасные летучие вещества, следует выливать в раковину под тягой. После этого сосуд ополаскивают водой и эту воду тоже выливают в раковину под тягой. Только после этого сосуд можно окончательно вымыть в обычной раковине.

### Мытье посуды

Стеклянную посуду считают чистой, если вода не образует отдельных капель на стенках, а стекает равномерной пленкой.

Удалять загрязнения со стенок посуды можно различными методами: механическими, химическими или комбинируя их. К механическим способам можно отнести мытье посуды теплой водой с помощью щеток (ершей) или мытье паром. Физико-химические методы заключаются в удалении загрязнений с помощью органических растворителей (бензин, ацетон, спирты и др.), поверхностно-активных моющих средств или фосфата натрия. Химические методы – мытье посуды хромовой смесью, раствором перманганата калия, смесью соляной кислоты и пероксида водорода, концентрированным раствором щелочи или серной кислотой.

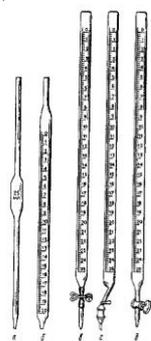


Рис. 1.12. Пипетки (а, б) и бюретки (в, г, д)

### Измерение объемов

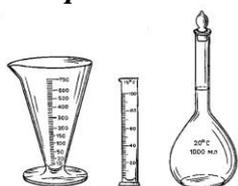


Рис. 1.10. Мензурка (а) и мерный цилиндр (б)



Рис. 1.11. Мерная колба

Для измерения объема жидкости в случаях, не требующих большой точности, используют мензурку и мерный цилиндр (рис. 1.10).

Для точного измерения объема служат мерные колбы (рис. 1.11), мерные пипетки (пипетка Мора, градуированная пипетка) и бюретки (рис. 1.12).

Мерные колбы калиброваны «на вливание», а пипетки на «выливание», т.е. для измерения объема налитой в колбу или вылитой из пипетки жидкости. Бюретки с краном (рис. 1.12, г, д) и зажимом (рис. 1.12, в) служат для точного измерения объема вытекающей жидкости.

При любых измерениях объемов жидкости отсчет должен производиться таким образом, чтобы глаз находился на одном уровне с краем мениска.

### Нагревание

В лаборатории применяют как электрические нагревательные приборы, так и спиртовки (нагревание открытым пламенем). Для поддержания постоянной температуры в процессе эксперимента используются водяные термостаты (интервал температур от комнатной до 80–90 °С) или песчаные бани (100–300 °С).



Рис. 1.16. Тигель (а) и выпаривательная чаша (б)

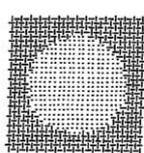


Рис. 1.17. Огнезащитная сетка



Рис. 1.18. Круглодонная колба



Рис. 1.19. Держатель для пробирок



Рис. 1.20. Тигельные щипцы

Для нагрева используют электрические плитки, печи и сушильные шкафы. Для нагревания жидкостей применяются только плитки с закрытой спиралью. При этом следует использовать термостойкую посуду. Растворы (или другие жидкости) можно также нагревать в электрических водяных банях (сосуд с водой, подогреваемый с помощью электричества). Для более равномерного прогревания жидкости рекомендуется вращать сосуд. Жидкости в сосуде при нагревании должно быть не более половины его объема. Для прокаливания, плавки и других операций при высоких температурах используют электрические печи (трубчатые или муфельные).

Для упаривания растворов или просушивания твердых веществ применяют специальную фарфоровую посуду – тигель или выпаривательную чашу (рис. 1.16). Фарфоровая посуда для этих операций обязательно должна быть тонкостенной.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

При работе с открытым пламенем нагревать посуду желательно через огнезащитную сетку (рис. 1.17), которую кладут на кольцо штатива или треногу. Пламя горелки при этом не касается сосуда и нагревание получается более равномерным.

Нагревание открытым пламенем – более быстрый, но более *опасный* способ нагревания. Посуда прогревается неравномерно, потому возможно растрескивание сосуда. Нагревание открытым пламенем газовой горелки возможно только для круглодонных колб (рис. 1.18) и пробирок. Остальные сосуды использовать нежелательно. При нагревании пробирку зажимают пробиркодержателем (рис. 1.19), колбу – за горло специальной лапкой, или закрепляют в штативе (см. рис. 1.8).

Для перемещения горячих выпаривательных чаш и тиглей используют тигельные щипцы (рис. 1.20).

### Измельчение вещества



Измельчение твердых материалов можно производить вручную (в ступках) (рис. 1.25) или механически (в мельницах). Ступки могут быть изготовлены из различных материалов: латунные, фарфоровые и агатовые.

В ступках измельчают небольшие количества веществ, причем объем вещества не должен превышать трети объема ступки. Вначале осторожными ударами пестика измельчают крупные куски вещества, доводя их до размеров горошины, затем медленно растирают круговыми движениями, не очень сильно прижимая пестик к стенкам ступки. По мере измельчения вещества скорость движения пестика можно увеличить. Во время измельчения вещество периодически собирают пестиком или шпателем со стенок к центру ступки.



Полученный порошок (измельченный до нужной степени) пересыпают в заранее подготовленную посуду или сразу же используют. При измельчении пылящих веществ работу следует проводить в вытяжном шкафу.

### Фильтрация

Суть фильтрации состоит в том, что жидкость с находящимися в ней частицами твердого вещества пропускают через пористую перегородку (фильтр). Поры фильтра столь малы, что жидкость (фильтрат) через них проходит, а частицы твердого вещества задерживаются. Таким образом, осадок собирается на фильтре, а жидкость – в сосуде (рис. 1.26). Фильтры могут быть бумажными (складываются из фильтровальной бумаги), стеклянными или фарфоровыми (пористая стеклянная или фарфоровая пластина), сыпучими (слой хорошо очищенного кварцевого песка), тканевыми или из стекловаты (или обычной ваты) и др.

В зависимости от целей разделения жидкости и осадка применяют различные фильтры.

Общее требование – материал фильтра не должен реагировать с жидкостью или осадком.



Рис. 1.28. Складчатый (плоский) фильтр

Один из широко распространенных материалов для фильтров – фильтровальная бумага. Она отличается от обычной бумаги тем, что не проклеена, более чистая и волокнистая. Фильтровальную бумагу заранее можно нарезать кругами различного диаметра. Плотность (пористость) фильтровальной бумаги определяется по цвету бумажной ленты, которой оклеена пачка готовых фильтров: *черная (розовая) лента* – быстрофильтрующие (с большими порами) фильтры; *белая лента* – фильтры со средним размером пор; *синяя лента* – плотные фильтры, предназначенные для фильтрации мелкозернистых осадков.

Собираемая жидкость (фильтрат) может после фильтрации остаться мутной. В этом случае ее

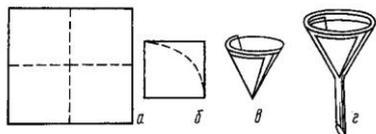


Рис. 1.27. Изготовление простого фильтра: а-в – стадии изготовления; г – фильтр помещен в воронку

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

следует профильтровать повторно, используя фильтр с более мелкими порами.

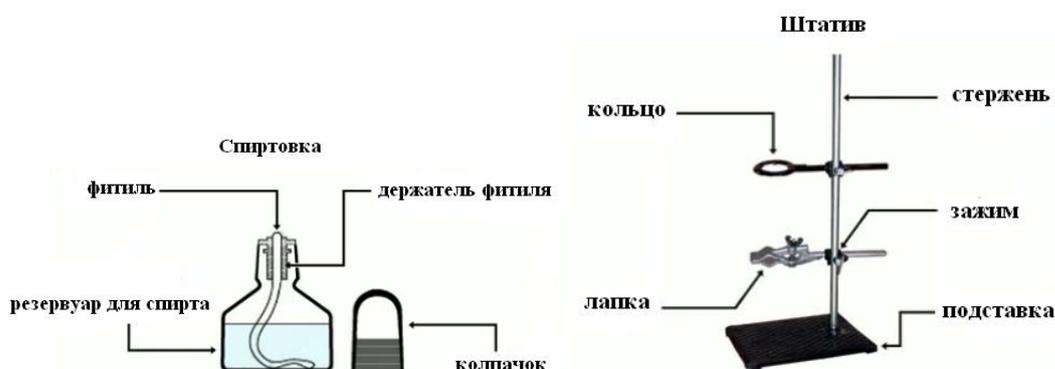
Простой фильтр обычно употребляют в случаях, когда отделяют крупнокристаллический осадок. Для приготовления такого фильтра бумагу складывают вчетверо, как показано на рис. 1.27, затем обрезают и вкладывают в воронку.

Складчатый (плёный) фильтр (рис. 1.28) обладает большей площадью поверхности, поэтому фильтрование на нем идет быстрее.

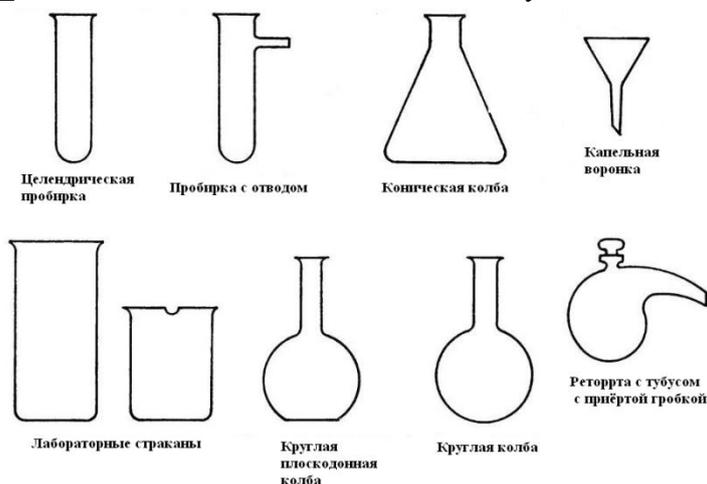
При фильтровании воронку с фильтром закрепляют в кольце штатива. Перед началом процесса фильтр смачивают чистым растворителем (водой). Край фильтра не должен доходить до края воронки примерно на 0,5 см. Фильтрование ускоряется, если в стебле воронки находится жидкость.

### Контрольные задания

1. Напишите название оборудования и подпишите его составные части.



2. Подпишите названия стеклянной посуды общего назначения.



### Контрольные вопросы

1. Общие правила работы в химической лаборатории.
2. Техника безопасности и меры предосторожности.
3. Правила работы с кислотами, первая помощь при ожогах.
4. Правила работы со щелочами, первая помощь при ожогах.
5. Правила работы с токсичными соединениями, первая помощь при отравлениях.
6. Первая помощь при термических и химических ожогах.
7. Химическая посуда и оборудование.
8. Правила работы с химическими реактивами.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

9. Приготовление растворов.
10. Фильтрация.
11. Центрифугирование.
12. Сушка в эксикаторе.
13. Очистка газов.

#### Лабораторная работа №2 Элементы кристаллографии.

**Цель:** ознакомить с кристаллами из кафедральной эталонной коллекции, уметь определять и показывать элементы симметрии.

**Оборудование:** природные крупные кристаллы из кафедральной эталонной коллекции, коллекция картонных моделей простых форм кристаллов, учебные пособия по кристаллографии, набор цветных компьютерных слайд-фильмов о кристаллах.

Вопросы для самоподготовки

Кристалл и кристаллическое состояние вещества.

Гигантские кристаллы (примеры).

Пространственная кристаллическая решётка и ее виды.

Элементы симметрии (плоскость, ось, центр).

Кристаллографические оси.

Индексы и символы граней кристалла.

#### Исходные материалы

Земная кора сложена различными горными породами, составные части которых – минералы имеют в основном кристаллическое строение. Обычно кристаллы представляют собой многогранники, стороны которых – плоские грани, а ребра – прямые линии.

**Кристалл**, или хрусталь, в переводе с греческого означает прозрачный камень, или ископаемый лед. Затем кристаллами стали называть все твердые природные тела, обладающие формой правильных многогранников. Вещество, из которого кристаллы построены, стали называть кристаллическим, а науку о кристаллах – кристаллографией.

Кристаллическое вещество характеризуется однородностью, анизотропностью и способностью самоограняться. Кроме кристаллических тел, в природе встречаются и аморфные (от греч. «а» - без, «морфе» - форма) тела. Тела эти являются изотропными, то есть такими, в которых свойства по всем направлениям одинаковы. К таким телом относятся стекло, воздух т.д. Аморфное состояние является переходящим, временным: с течением времени аморфные тела перерождаются в кристаллические. Рассмотрим важнейшие свойства кристаллического вещества.

Однородность кристаллов состоит в том, что химический состав и физические свойства любой части кристалла тождественны составу и свойству любой другой одинаково ориентированной части кристалла.

Анизотропность (неравносвойственность) состоит в том, что свойства в направлениях параллельных одинаковы и в направлениях непараллельных – неодинаковы. Анизотропность характерна, например, для кристаллов слюды, которая только в одном направлении легко расщепляется на тонкие пластинки.

**Способностью самоограняться** обладают только кристаллы, они кристаллизуются в форме правильных многогранников: природная огранка кристаллов связана, с внутренним строением, с пространственной кристаллической решеткой.

Основной особенностью кристаллов является симметрия их строения. Для обнаружения симметрии служат: ось симметрии, плоскость симметрии и центр симметрии.

**Ось симметрии** ( $L, l$ ) – это воображаемая линия, при вращении кристалла вокруг которой встречаются подобные и подобно расположенные элементы ограничения кристалла, или та линия, при повороте вокруг которой фигура совмещается сама с собою определенное число раз.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

Число, показывающее, сколько раз фигура совмещается сама с собой при полном обороте, называется порядком оси. Например, если при полном обороте вокруг оси фигура куба совмещается четыре раза, то ось обозначается  $L_4$  и называется осью четвертого порядка.

В кристаллах присутствуют только оси первого, второго, третьего, четвертого и шестого порядков. В одном кристалле могут присутствовать несколько осей различного порядка, например у куба:  $3L_4, 4L_3$  и  $6L_2$ . Оси проводятся: 1) перпендикулярно к граням многогранника, через их середины; 2) через вершины многогранника, равно наклоненные к его одинаковым граням и ребрам; 3) перпендикулярно к серединам ребер многогранника.

**Плоскость симметрии (P)** делит кристалл на две равные и обратно расположенные части, их которых одна является зеркальным отображением другой. Плоскости проводятся: 1) перпендикулярно к граням и ребрам, через их середины; 2) вдоль ребер, образуя одинаковые углы с равными гранями и ребрами.

В одной фигуре может быть несколько плоскостей.

**Центр симметрии**, или инверсия (C), - точка внутри кристалла, в которой делятся пополам линии, соединяющие одноименные и подобные элементы ограничения кристалла. Кристалл может и не иметь центра.

**Габитусы** – простые формы кристаллов минералов могут варьироваться, что приводит к изменению общего облика, или габитуса, кристалла. При одной и той же структуре минерал может обладать различным габитусом. Различают следующие типы габитуса кристаллов:

- а) изометричный (равновеликий) – все грани кристалла примерно одинаковой величины;
- б) таблитчатый – две противоположные грани больше других;
- в) пластинчатый и листоватый – сильно развита сплюснутость;
- г) столбчатый- три и больше граней параллельны какой-либо одной линии;
- д) игольчатый или волосовидный – очень большая вытянутость кристалла в определенном направлении.

Как правило, габитус определяется важнейшими особенностями кристаллической структуры минералов. Например, кристаллы кубической сингонии обычно развиты во всех направлениях (изометричный габитус). Кристаллы тетрагональной сингонии сплющены или, наоборот, удлинены, реже сплюснуты и чешуевидны. Кристаллы низших сингоний обычно имеют пластинчатый облик.

**Сингония** – это совокупность простых форм, объединенных одинаковыми элементами симметрии.

Таблица 1

Сингонии кристаллов и их руководящие признаки

Категории	Системы (сингонии) и общая симметрия	Единичные направления
Высшая. Единичные направления отсутствуют. Несколько осей порядка выше 2	Кубическая $4L_3$	Нет
Средняя. Одно единичное направление, совпадающее с	Тетрагональная (квадратная) $L_4$	Одно $cL_4$
	Тригональная	Одно

единственной осью порядка выше 2	L <sub>3</sub>	cL <sub>3</sub>
	Гексагональная L <sub>6</sub>	Одно cL <sub>6</sub>
Низшая Несколько единичных направлений. Нет осей порядка выше 2	Ромбическая 3L <sub>2</sub>	Три
	Моноклиническая L <sub>2</sub> или P	Множество
	Триклиническая C или отсутствие элементов симметрии	Все

Содержание работы

**Задание 1.** Определить элементы симметрии кристаллов.

На природных кристаллах (галит, кальцит, магнетит, пирит, гранат и др.) и на картонных моделях простых форм кристаллов определить и показать элементы симметрии кристаллов (плоскости, оси, центр).

**Задание 2.** Определить и показать элементы симметрии куба (гексаэдра) согласно его формуле: 3L<sub>4</sub>4L<sub>3</sub>6L<sub>2</sub>9PC.

Лабораторная работа № 3

**Цель:** изучить систему простых форм кристаллов, научиться определять название простых форм по комбинациям элементов симметрии кристалла и определять их сингонию.

**Оборудование:** природные крупные кристаллы-индивиды, коллекция картонных моделей простых форм кристаллов, учебные пособия по кристаллографии, рекомендуемая литература.

Вопросы для самоподготовки

1. Простые формы кристаллов.
2. Дать определение простых форм кристаллов кубической сингонии.
3. Чем отличается дипирамида от октаэдра?
4. Что такое «габитус» кристалла?
5. Сингонии.
6. Назовите минералы, имеющие простые формы куба и октаэдра.

Содержание работы

**Задание 1.** Ознакомиться с номенклатурой простых форм кристаллов (рис. 1), научиться определять элементы симметрии и название простой формы на моделях кристаллов. Результаты определения оформить в виде таблицы 2.

**Примечание.** Первые три ряда простых форм – пирамиды, дипирамиды, призмы. Их название зависит от формы сечения: сечение ромб – ромбическая, треугольник – тригональная, удвоенный треугольник – дитригональная, четырехугольник – тетрагональная, удвоенный четырехугольник – дитетрагональная, удвоенный шестиугольник – дигексагональная.

Форму, состоящую из одной грани, называют моноэдром (22), из двух пересекающихся граней – диэдром (23), из двух параллельных граней – пинакоидом (24).

Форма, состоящая из четырех граней в виде треугольников, - тетраэдр. Различают ромбический тетраэдр – в сечении ромб (25), кубический – все грани равносторонние треугольники (26), тетрагональный – в сечении четырехугольник (27).

Фигуры, напоминающие пирамиды, но с гранями в виде трапеции, называют трапецоэдрами (тригональный – 28, тетрагональный – 29, гексагональный – 30).

Форму, состоящую из шести граней в виде ромба, называют ромбоэдром (31), простые формы из равных разносторонних треугольников – скаленоэдрами (тетрагональный – 32, дитригональный – 33).

Форма из шести квадратов называется гексаэдром или кубом (34), форма из восьми равносторонних треугольных граней – октаэдром (35).

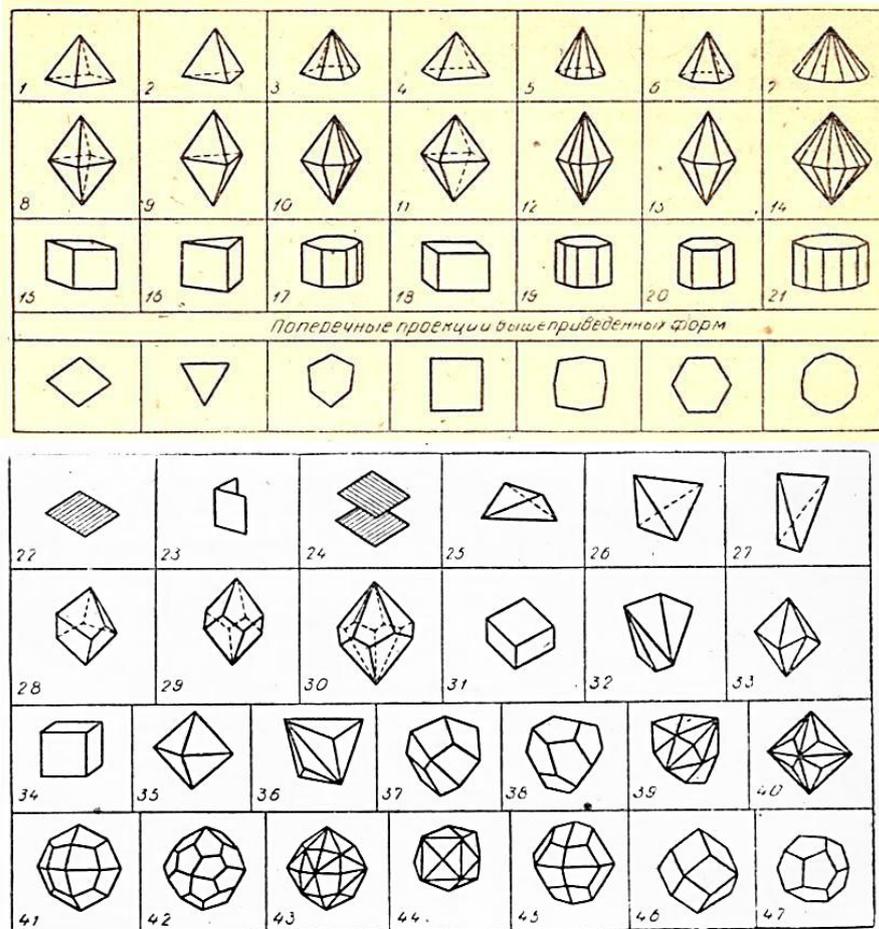


Рис. 1. Простые формы кристаллов.

Производные тетраэдров (36-39) и октаэдров (40-43) – формы, грани которых соответственно разбиты на три треугольника, четырехугольника, пятиугольника, шестиугольника. Название этих форм состоит из трех частей: первая относится к названию грани (тригон, тетрагон, пентагон, гексагон), вторая – к их количеству (3), затем называется исходная форма. Например: тригон-триоктаэдр (форма 40).

Если грани куба заменить четырьмя треугольными гранями, то получается форма, носящая название тетрагексаэдр (44).

Фигуры 45-47 называют додекаэдрами: дидодекаэдр – удвоенный двенадцатигранник, ромбододекаэдр и пентагондодекаэдр – соответственно грани в виде ромбов и пятиугольников.

Таблица 2

Определение простых форм кристаллов

№ модели	Название простой	Элементы симметрии
----------	------------------	--------------------

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

	формы	P	L	C
1	призма	4P	L <sub>3</sub> L <sub>2</sub>	C

**Задание 2.** Определить простую форму, габитус и сингонию 10-и кристаллов. Результаты оформить в виде таблицы 3 (название минерала дает преподаватель).

Таблица 3

Определение простых форм, габитуса и сингонии кристаллов

№ п/п	Название минерала	Простая форма	Габитус	Сингония
1	Галит	Гексаэдр	Изометричный	Кубическая

Лабораторная работа № 4

**Цель:** изучить физические свойства наиболее распространенных минералов.

**Оборудование:** кафедральные эталонные образцы с разными физическими свойствами (прозрачность, спайность, блеск и др.), учебные пособия по минералогии, рекомендуемая литература, слайд-фильмы компьютерной графики по свойствам минералов.

Вопросы для самоподготовки

1. Основные физические свойства минералов. Дать перечень свойств и примеры минералов.
2. Оптические свойства минералов.
3. Спайность и примеры минералов с определенной спайностью.
4. Излом и примеры минералов.
5. Комплексная характеристика физических свойств распространенных минералов: кварц, полевые шпаты, оливин.
6. Главные физические свойства рудных минералов: галенит, сфалерит, пирит, халькопирит, пирротин.

**Исходные материалы**

**Физические свойства минералов** имеют большое значение и важны для их распознавания. Определенный химический состав и характерное строение обуславливают постоянные и индивидуальные физические свойства минералов.

**Цвет.** Является важнейшим диагностическим признаком минерала (родонит, альбит, хлорит, лазурит – названы по цвету). Цвет зависит от наличия хромофоров (ионы – красители хром, медь, железо, кобальт и др.), посторонних примесей, присутствие молекул воды.

**Цвет черты.** Некоторые минералы в порошке по цвету не отличаются от исходного материала, но встречаются такие минералы, цвет которых не совпадает с цветом их порошка, что очень важно для их определения. Например, пирит имеет латунно-желтый цвет, а порошок из него – черный и т.д.

Для получения порошка минерала применяются шероховатая фарфоровая пластинка. Если провести минералом по ее поверхности, остается след (черта). Цвет черты минерала – это цвет его в тонком порошке.

**Блеск.** Большинство минералов обладают способностью отражать своими поверхностями свет, что и обуславливает блеск минералов, обычно определяемый на свежем изломе.

По блеску различают три группы минералов: с металлическим, неметаллическим и полуметаллическим (металловидным) блеском. В свою очередь неметаллический блеск подразделяется на стеклянный, перламутровый, шелковистый, жирный, восковой и матовый.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

**Прозрачность** - это свойство вещества пропускать свет. В зависимости от степени прозрачности все минералы делятся на прозрачные (горный хрусталь, исландский шпат), полупрозрачные (изумруд, сфалерит, киноварь и др.) и непрозрачные (магнетит).

**Плотность** – это отношение массы к объему. Она зависит от химического состава минералов и колеблется от 0,8 до 23 г/см<sup>3</sup>. Все минералы по плотности можно разделить на три группы: легкие (плотность до 2,5 г/см<sup>3</sup>), средние (от 2,5 до 4 г/см<sup>3</sup>) и тяжелые (больше 4 г/см<sup>3</sup>).

**Вкус.** Растворимые в воде минералы обладают определенными вкусовыми качествами. Так, галит – соленый, сильвин – горько-соленый, квасцы – кислые и т.д. Нерастворимые минералы липнут к языку и влажным губам.

**Хрупкость** – это свойство минерала при ударе легко распадаться на мелкие обломки, крошиться. При царапании ножом хрупких минералов образуется порошок.

**Ковкие** минералы при ударе молотком сплюсциваются и закругляются по краям. При царапании ковких минералов образуется блестящий след.

**Гибкость, упругость.** Минерал называется гибким, если его тонкие пластинки или волокна можно изгибать не ломая. Когда после изгибания пластинки или волокна они сами собой выпрямляются, не ломаясь, минерал – упругий. Если же согнутая пластинка или волокна сохраняют приданную форму, не выпрямляются, значит, они гибкие, но не упругие.

**Радиоактивность.** Способностью к самопроизвольному  $\alpha$ -излучению характеризуются все минералы, содержащие в своем составе радиоактивные элементы уран и торий.

**Запах.** При ударе или разломе минерала появляется запах, который указывает на присутствие тех или иных элементов в руде.

**Растворимость в кислотах.** Карбонаты (кальцит, малахит и др.) при обычных условиях растворяются в соляной кислоте с выделением CO<sub>2</sub>. Другие минералы растворяются в измельченном виде или при подогреве.

**Растворимость в воде.** Таким свойством обладают минералы галит, сильвин, карналлит, бишофит, астраханит и др.

**Магнитность.** Минералы ферромагнетики воздействуют на магнитную стрелку компаса (магнетит, пирротин)

**Горючесть.** Легко загораются от спички сера, янтарь, серный колчедан, асфальт и др.

**Гигроскопичность** – способность поглощать влагу из воздуха (карналлит, каолин, галлуазит, монтмориллонит).

Содержание работы

**Задание 1.** Изучить физические свойства минералов в эталонных коллекциях минералов геолого-минералогического кафедрального музея.

**Задание 2.** Изучить и описать физические свойства 9 минералов-эталонов шкалы твердости Мооса:

1-Тальк	6-Полевой шпат
2-Гипс	7-Кварц
3-Кальцит	8-Топаз
4-Флюорит	9-Корунд
5-Апатит	10-Алмаз

**Задание 3.** Определить твердость минералов с помощью эталонных образцов шкалы Мооса [1].

На испытуемом минерале выбирается ровная площадка плоскости спайности или излома. Слегка надавливая, по этой площадке проводят острыми углами минералов шкалы твердости, начиная от более мягких. При этом наблюдают, какой из них дает черту (пишет), а какой оставляет царапину. Твердость определяемого минерала будет выше

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

последнего минерала, давшего черту, и ниже первого минерала, оставившего царапину. Если испытуемый и эталонный минерал царапают друг друга, их твёрдость одинакова.

**Цель:** изучить главные наиболее распространенные минералы в соответствии с их кристаллохимической классификацией.

**Оборудование:** демонстрационные коллекции минералов по классам, раздаточные наборы минералов, кусочки стекла, фарфоровые неглазированные пластинки (бисквит), 10%-ый раствор HCl, компасы, лупы, бинокляры, рекомендуемая литература.

### Исходные материалы

#### 1) Кристаллохимическая классификация минералов

- I. Самородные элементы – золото, серебро, медь, сера, графит.
- II. Сульфиды – соли сероводородной кислоты: сфалерит, галенит, киноварь.
- III. Вольфраматы – соли вольфрамовой кислоты: вольфрам и др.
- IV. Галогениды (хлориды) – соли соляной кислоты: галит и др.
- V. Нитраты – соли азотной кислоты: натриевая селитра, калиевая селитра.
- VI. Карбонаты – соли угольной кислоты: кальцит, малахит.
- VII. Сульфаты – соли серной кислоты: гипс, мирабилит.
- VIII. Фосфаты – соли фосфорной кислоты: апатит, фосфорит.
- IX. Окислы и гидроокислы – кислородные и водные соединения металлов и металлоидов: кварц (горный хрусталь, морион, цитрин, аметист), халцедон (агат, сердолик), корунд (рубин, сапфир), хризоберилл (александрит).
- X. Силикаты и алюмосиликаты – соли кремниевой и алюмокремниевой кислот: подкласс 1 – островные силикаты: оливин (хризолит), гранат (пироп, демантоид, альмандин), топаз; подкласс 2 – кольцевые силикаты: турмалин, берилл (изумруд, аквамарин); подкласс 3 – цепочечные силикаты: родонит и др.; подкласс 4 – слоистые силикаты и алюмосиликаты: серпентин (змеевик) и др.; подкласс 5 – каркасные алюмосиликаты: лазурит, лабрадор.
- XI. Углеводородные (органические) соединения: янтарь и др.

#### 2) Определитель минералов по физическим свойствам

#### 3) Учебники и учебные пособия по минералогии

#### Содержание работы

Определить и описать важнейшие минералы определенного класса в виде таблицы по следующей форме:

1-№ п/п, 2-название, 3 – химический состав, 4 - сингония, 5 - твердость, 6 - цвет, 7 - цвет черты, 8 - блеск, 9 - спайность, 10 - излом, 11 - удельный вес, 12 - особые диагностические признаки, 13 - практическое значение.

Ниже приводится список описываемых минералов:

сера	корунд	роговая
пирит	опал	обманка
халькопирит	халцедон	топаз
галенит	кальцит	каолинит
сфалерит	гипс	тальк
галит	апатит	биотит
сильвин	оливин	мусковит
флюорит	гранаты	ортоклаз
кварц	берилл	микроклин
магнетит	турмалин	нефелин
гематит	авгит	плагиоклазы

*Всего 32 минерала.*

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

## 8. ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ, КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ, РЕФЕРАТОВ

Данный вид работы не предусмотрен УП

## 9. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЗАЧЕТУ

1. История развития кристаллохимии.
2. Предмет и задачи кристаллохимии.
3. Взаимосвязь состава, строения и свойств химических веществ
4. Способы и варианты классификации кристаллов: по размерам, симметрии, структуре.
5. Классификация по симметрии: категории, сингонии, классы, группы.
6. Понятие о кристаллической решетке и атомной структуре кристаллического вещества.
7. Понятие об элементарной ячейке. Типы ячеек по симметрии. Многовариантность выбора ячеек, примитивные и непримитивные ячейки.
8. Правила однозначного выбора элементарных ячеек. 14 типов решеток Бравэ.
9. Основные элементы кристаллической решетки: узлы, ряды, плоскости, их характеристики
10. Кристаллографические плоскости как важнейший элемент решетки. Способы выражения ориентации.
11. Квадратичные формы. Вывод для прямоугольных решеток.
12. Индексы в примитивных и непримитивных решетках. Законы погасания для центрированных ячеек.
13. Структурные типы: понятие, классификация, основные характеристики.
14. Симметрия кристаллов: элементы симметрии, законы их взаимодействия.
15. Простые формы: понятие, основные названия, классификация, роль в дифракционных методах.
16. Правила построения стереографической проекции элементов симметрии и граней кристаллов.
17. Понятие о пространственной симметрии: элементы симметрии, понятие о пространственных группах.
18. Концепция плотнейших упаковок. Характеристики упаковок: слойность, типы пустот, коэффициент компактности.
19. Понятие о твердых растворах. Изоморфное замещение, растворы внедрения и вычитания.
20. Дифракционные методы исследования структуры. Связь геометрии атомного строения с параметрами дифракционной картины.
21. Рентгеновские лучи как основной инструмент дифракционно-структурных методов: природа, основные свойства, источники, понятие о видах спектров.
22. Сплошной "белый" спектр рентгеновских лучей: природа возникновения и основные характеристики.
23. Характеристический спектр на основе строения атома, основные спектральные линии, дублетная структура K-альфа линии
24. Понятие о дифракции волн, источники вторичных волн вообще и для рентгеновских лучей, в частности. Объяснение дифракции на узловых рядах по методу Лауэ
25. Дифракция - как избирательное отражение. Формула Вульфа-Брэгга.
26. Порошковые методы рентгеноструктурного анализа
27. Основная проблема в определении параметров решетки по межплоскостным расстояниям и методы ее разрешения на примере кристаллов кубической сингонии.
28. Кристаллографическая плотность. Экспериментальное определение числа

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

- формульных единиц в ячейке.
29. Рассеяние рентгеновских лучей атомом, атомная амплитуда (фактор рассеяния). Вклад ядер в рассеяние атомом.
30. Сложение волн, рассеянных атомами. Вывод формулы для расчета структурного фактора по координатам атомов.
31. Понятие о методах определения координат атомов. Метод проб и ошибок.

### 10 САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩИХСЯ

Содержание, требования, условия и порядок организации самостоятельной работы обучающихся с учетом формы обучения определяется в соответствии с «Положением об организации самостоятельной работы обучающихся», утвержденным Ученым советом УлГУ (протокол № 8/268 от 26.03.19 г.).

Форма обучения: очная.

Название разделов и тем	Вид самостоятельной работы	Объем в часах	Форма контроля
Предмет, задачи и основные понятия кристаллохимии	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины. Подготовка к устному опросу и тестированию. Подготовка к сдаче зачета.	4	включение вопросов в тестировании и зачете
Группы симметрии и структурные классы	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины. Подготовка к устному опросу и тестированию. Подготовка к сдаче зачета.	4	включение вопросов на тестировании и зачете
Основы рентгеноструктурного анализа	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины. Подготовка к устному опросу и тестированию. Подготовка к сдаче зачета.	4	включение вопросов на тестировании и зачете

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

Основные понятия кристаллохимии	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины. Подготовка к устному опросу и тестированию. Подготовка к сдаче зачета.	4	включение вопросов на тестировании и зачете
Основные категории теоретической кристаллохимии	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины. Подготовка к устному опросу и тестированию. Подготовка к сдаче зачета.	4	включение вопросов на тестировании и зачете
Важнейшие структурные типы	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины. Подготовка к устному опросу и тестированию. Подготовка к сдаче зачета.	4	включение вопросов на тестировании и зачете
Прикладные аспекты кристаллохимии	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины. Подготовка к устному опросу и тестированию. Подготовка к сдаче зачета.	4	включение вопросов на тестировании и зачете

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

## 11 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### а) Список рекомендуемой литературы

#### Основная:

1. Урусов, В. С. Кристаллохимия. Краткий курс : учебник / В. С. Урусов, Н. Н. Ерёмин. — Москва : Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 2010. — 256 с. — ISBN 978-5-211-05497-4. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/13343.html>
2. Кристаллография: зарождение, рост и морфология кристаллов : учебное пособие для вузов / Н. И. Леонюк, Е. В. Копорулина, Е. А. Волкова, В. В. Мальцев. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 152 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-04738-7. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/472451>

#### Дополнительная

1. Современные методы структурного анализа веществ : учебник / М. Ф. Куприянов, А. Г. Рудская, Н. Б. Кофанова [и др.]. — Ростов-на-Дону : Издательство Южного федерального университета, 2009. — 288 с. — ISBN 978-5-9275-0653-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/47135.html>
2. Пугачев, В. М. Кристаллохимия : учебное пособие / В. М. Пугачев. — Кемерово : КемГУ, 2013. — 104 с. — ISBN 978-5-8353-1322-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/44382>
3. Басалаев, Ю. М. Кристаллофизика и кристаллохимия : учебное пособие / Ю. М. Басалаев. — Кемерово : КемГУ, 2014. — 403 с. — ISBN 978-5-8353-1712-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/61407>

#### Учебно-методическая

1. Халиуллов Ф. Э. Кристаллохимия: методические указания для самостоятельной работы бакалавров направления подготовки 04.03.01 Химия / Ф. Э. Халиуллов, О. Ю. Шроль, С. В. Пантелеев. - Ульяновск : УлГУ, 2019. - 18 с. - Неопубликованный ресурс. - URL: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/10835> . - Режим доступа: ЭБС УлГУ. - Текст : электронный

Согласовано:

Начальник отдела НБ УлГУ  
Должность сотрудника научной библиотеки
/ Окунева И.А./  
ФИО

  
подпись
10.06.2021

### б) программное обеспечение

1. Microsoft Office
2. ОС Windows Professional
3. Антиплагиат ВУЗ

### в) Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

#### 1. Электронно-библиотечные системы:

- 1.1. IPRbooks : электронно-библиотечная система : сайт / группа компаний Ай Пи Ар Медиа. - Саратов, [2021]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru>. — Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

1.2. ЮРАЙТ : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Электронное издательство ЮРАЙТ. – Москва, [2021]. - URL: <https://urait.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.3. Консультант студента : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Политехресурс. – Москва, [2021]. – URL: <https://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.4. Консультант врача : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Высшая школа организации и управления здравоохранением-Комплексный медицинский консалтинг. – Москва, [2021]. – URL: <https://www.rosmedlib.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.5. Большая медицинская библиотека : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Букап. – Томск, [2021]. – URL: <https://www.books-up.ru/ru/library/>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.6. Лань : электронно-библиотечная система : сайт / ООО ЭБС Лань. – Санкт-Петербург, [2021]. – URL: <https://e.lanbook.com>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.7. **Znanium.com** : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Знаниум. - Москва, [2021]. - URL: <http://znanium.com> . – Режим доступа : для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.8. Clinical Collection : коллекция для медицинских университетов, клиник, медицинских библиотек // EBSCOhost : [портал]. – URL: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/search/advanced?vid=1&sid=9f57a3e1-1191-414b-8763-e97828f9f7e1%40sessionmgr102> . – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный.

1.9. Русский язык как иностранный : электронно-образовательный ресурс для иностранных студентов : сайт / ООО Компания «Ай Пи Ар Медиа». – Саратов, [2021]. – URL: <https://ros-edu.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

**2. КонсультантПлюс** [Электронный ресурс]: справочная правовая система. /ООО «Консультант Плюс» - Электрон. дан. - Москва : КонсультантПлюс, [2021].

### **3. Базы данных периодических изданий:**

3.1. База данных периодических изданий : электронные журналы / ООО ИВИС. - Москва, [2021]. – URL: <https://dlib.eastview.com/browse/udb/12>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный.

3.2. eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека : сайт / ООО Научная Электронная Библиотека. – Москва, [2021]. – URL: <http://elibrary.ru>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный

3.3. «Grebennikon» : электронная библиотека / ИД Гребенников. – Москва, [2021]. – URL: <https://id2.action-media.ru/Personal/Products>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный.

**4. Национальная электронная библиотека** : электронная библиотека : федеральная государственная информационная система : сайт / Министерство культуры РФ ; РГБ. – Москва, [2021]. – URL: <https://нэб.рф>. – Режим доступа : для пользователей научной библиотеки. – Текст : электронный.

**5. SMART Imagebase** // EBSCOhost : [портал]. – URL: <https://ebco.smartimagebase.com/?TOKEN=EBSCO-1a2ff8c55aa76d8229047223a7d6dc9c&custid=s6895741>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Изображение : электронные.

### **6. Федеральные информационно-образовательные порталы:**

6.1. Единое окно доступа к образовательным ресурсам : федеральный портал /

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

учредитель ФГАОУ ДПО ЦРГОП и ИТ. – URL: <http://window.edu.ru/> . – Текст : электронный.

6.2. Российское образование : федеральный портал / учредитель ФГАОУ ДПО ЦРГОП и ИТ. – URL: <http://www.edu.ru>. – Текст : электронный.

### 7. Образовательные ресурсы УлГУ:

7.1. Электронная библиотека УлГУ : модуль АБИС Мега-ПРО / ООО «Дата Экспресс». – URL: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Web>. – Режим доступа : для пользователей научной библиотеки. – Текст : электронный.

#### Согласовано:

Зам.нач. УИТиТ  
Должность сотрудника УИТиТ

Клочкова А.В.  
ФИО

  
подпись

17.06.2021  
дата

## 12 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ

Учебная аудитория 216 для проведения лабораторных занятий лабораторного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (с набором демонстрационного оборудования для обеспечения тематических иллюстраций в соответствии с рабочей программой дисциплины). Помещение укомплектовано специализированной мебелью на 18 посадочных мест и техническими средствами: экран настенный, доска аудиторная. Рабочее место преподавателя, WI-FI, интернет. Площадь 42,93 кв.м.

Учебная аудитория для самостоятельной работы студентов 230 с доступом к ЭБС. для самостоятельной работы студентов, Wi-Fi с доступом к ЭИОС, ЭБС. Компьютерный класс укомплектованный специализированной мебелью на 32 посадочных мест и техническими средствами обучения (16 персональных компьютеров) с доступом к сети «Интернет», ЭИОС, ЭБС. Площадь 93,51 кв.м.

Читальный зал научной библиотеки (аудитория 237) с зоной для самостоятельной работы, Wi-Fi с доступом к ЭИОС, ЭБС. Аудитория укомплектована специализированной мебелью на 80 посадочных мест и оснащена компьютерной техникой с доступом к сети «Интернет», ЭИОС, ЭБС, экраном и проектором. Площадь 220,39 кв.м.

## 13 СПЕЦИАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ (ОВЗ) И ИНВАЛИДОВ

Обучающиеся с ОВЗ и инвалиды проходят практику совместно с другими обучающимися (в учебной группе) или индивидуально (по личному заявлению обучающегося).

Определение мест прохождения практики для обучающихся с ОВЗ и инвалидов осуществляется с учетом состояния здоровья и требований к их доступности для данной категории обучающихся. При определении мест и условий (с учётом нозологической группы и группы инвалидности обучающегося) прохождения учебной и

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

производственной практик для данной категории лиц учитываются индивидуальные особенности обучающихся, а также рекомендации медико-социальной экспертизы, отраженные в индивидуальной программе реабилитации, относительно рекомендованных условий и видов труда.

При определении места практики для обучающихся с ОВЗ и инвалидов особое внимание уделяется безопасности труда и оснащению (оборудованию) рабочего места. Рабочие места на практику предоставляются профильной организацией в соответствии со следующими требованиями:

- **для обучающихся с ОВЗ и инвалидов по зрению - слабовидящих:** оснащение специального рабочего места общим и местным освещением, обеспечивающим беспрепятственное нахождение указанным лицом своего рабочего места и выполнение индивидуального задания; наличие видеувеличителей, луп;
- **для обучающихся с ОВЗ и инвалидов по зрению - слепых:** оснащение специального рабочего места тифлотехническими ориентирами и устройствами, с возможностью использования крупного рельефно-контрастного шрифта и шрифта Брайля, акустическими навигационными средствами, обеспечивающими беспрепятственное нахождение указанным лицом своего рабочего места и выполнение индивидуального задания;
- **для обучающихся с ОВЗ и инвалидов по слуху - слабослышащих:** оснащение (оборудование) специального рабочего места звукоусиливающей аппаратурой, телефонами для слабослышащих;
- **для обучающихся с ОВЗ и инвалидов по слуху - глухих:** оснащение специального рабочего места визуальными индикаторами, преобразующими звуковые сигналы в световые, речевые сигналы в текстовую бегущую строку, для беспрепятственного нахождения указанным лицом своего рабочего места и выполнения индивидуального задания;
- **для обучающихся с ОВЗ и инвалидов с нарушением функций опорно-двигательного аппарата:** оборудование, обеспечивающее реализацию эргономических принципов (максимально удобное для инвалида расположение элементов, составляющих рабочее место); механизмы и устройства, позволяющие изменять высоту и наклон рабочей поверхности, положение сиденья рабочего стула по высоте и наклону, угол наклона спинки рабочего стула; оснащение специальным сиденьем, обеспечивающим компенсацию усилия при вставании, специальными приспособлениями для управления и обслуживания этого оборудования.

Условия организации и прохождения практики, подготовки отчетных материалов, проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по практике обеспечиваются в соответствии со следующими требованиями:

- Объем, темп, формы выполнения индивидуального задания на период практики устанавливаются индивидуально для каждого обучающегося указанных категорий. В зависимости от нозологии максимально снижаются противопоказанные (зрительные, звуковые, мышечные и др.) нагрузки.
- Учебные и учебно-методические материалы по практике представляются в различных формах так, чтобы обучающиеся с ОВЗ и инвалиды с нарушениями слуха получали информацию визуально (документация по практике печатается увеличенным шрифтом; предоставляются видеоматериалы и наглядные материалы по содержанию практики), с нарушениями зрения – аудиально (например, с использованием программ-синтезаторов речи) или с помощью тифлоинформационных устройств.
- Форма проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации для обучающихся с ОВЗ и инвалидов устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей (устно, письменно, при помощи компьютера, в форме

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

тестирования и т.п.). При необходимости обучающемуся предоставляется дополнительное время для подготовки ответа и (или) защиты отчета.

Разработчик:  \_\_\_\_\_ доцент К.П. Жуков 10.06.2021

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф - Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

### ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Содержание изменения или ссылка на прилагаемый текст изменения	ФИО заведующего кафедрой, реализующей дисциплину/выпускающей кафедрой	Подпись	Дата
1	Внесение изменений в п.п. в) Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы п. 11 «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины» с оформлением приложения 1	Шроль О.Ю.		31.08.2022

Приложение 1

#### Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

##### 1. Электронно-библиотечные системы:

1.1. Цифровой образовательный ресурс IPRsmart : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Компания «Ай Пи Ар Медиа». - Саратов, [2022]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.2. Образовательная платформа ЮРАЙТ : образовательный ресурс, электронная библиотека : сайт / ООО Электронное издательство ЮРАЙТ. – Москва, [2022]. - URL: <https://urait.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.3. База данных «Электронная библиотека технического ВУЗа (ЭБС «Консультант студента») : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Политехресурс. – Москва, [2022]. – URL: <https://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.4. Консультант врача. Электронная медицинская библиотека : база данных : сайт / ООО Высшая школа организации и управления здравоохранением-Комплексный медицинский консалтинг. – Москва, [2022]. – URL: <https://www.rosmedlib.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.5. Большая медицинская библиотека : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Букап. – Томск, [2022]. – URL: <https://www.books-up.ru/ru/library/> . – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.6. ЭБС Лань : электронно-библиотечная система : сайт / ООО ЭБС Лань. – Санкт-Петербург, [2022]. – URL: <https://e.lanbook.com>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.7. ЭБС Znanium.com : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Знаниум. - Москва, [2022]. - URL: <http://znanium.com> . – Режим доступа : для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.8. Clinical Collection : научно-информационная база данных EBSCO // EBSCOhost : [портал]. – URL: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/search/advanced?vid=1&sid=9f57a3e1-1191-414b-8763-e97828f9f7e1%40sessionmgr102> . – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный.

