

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Костромской государственный университет»  
(КГУ)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**

**Направление подготовки 04.03.01 Химия**

**Направленность Химия**

Квалификация выпускника: бакалавр

**Кострома  
2021**

Рабочая программа дисциплины «Неорганическая химия» разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 04.03.01 Химия, утвержденному приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 17 июля 2017 г. № 671.

Разработал: Кусманова Ирина Александровна, зав.кафедрой химии, канд.пед.наук, доцент

Рецензент: Хитрова Валентина Ивановна, заместитель директора ФГБУ государственная станция агрохимической службы «Костромская»,  
руководитель испытательной лаборатории, канд. с.-х. наук

**ПРОГРАММА УТВЕРЖДЕНА:**

На заседании кафедры химии:

Протокол заседания кафедры № 7 от 19.05.2021 г.

Заведующий кафедрой химии Кусманова Ирина Александровна, канд.пед.наук, доцент

**ПРОГРАММА ПЕРЕУТВЕРЖДЕНА:**

На заседании кафедры химии:

Протокол заседания кафедры № 6 от 14.03.2022 г.

Заведующий кафедрой химии Кусманова Ирина Александровна, канд.пед.наук, доцент

**ПРОГРАММА ПЕРЕУТВЕРЖДЕНА:**

На заседании кафедры химии:

Протокол заседания кафедры № 8 от 07.04.2023 г.

Заведующий кафедрой химии Кусманова Ирина Александровна, канд.пед.наук, доцент

## 1. Цели и задачи освоения дисциплины

*Цель дисциплины:* сформировать способность использовать законы общей химии и знания о свойствах химических элементов и их соединений при решении профессиональных научно-исследовательских и производственных задач.

*Задачи дисциплины:*

1. Формирование у студентов знаний современной химии как единой, логически связанной системы;
2. Расширение и закрепление базовых понятий химии, необходимых для дальнейшего изучения других химических дисциплин;
3. Формирование у студентов умений и навыков экспериментальной работы, самостоятельной работы с научно-технической литературой;
4. Развитие у студентов способности к творчеству, в том числе к научно-исследовательской работе, к самообразованию.

Направление воспитания, связанные с содержанием дисциплины: профессионально-трудовое, экологическое и научно-образовательное воспитание обучающихся посредством содержания дисциплины и актуальных воспитательных технологий.

## 2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины обучающийся должен освоить *компетенции:*

**ОПК-1:** способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений;

**ОПК-1.1.** Систематизирует и анализирует результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений, а также результаты расчетов свойств веществ и материалов;

**ОПК-1.2.** Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии;

**ОПК-1.3.** Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности.

**ОПК-2:** способен проводить с соблюдением норм техники безопасности химический эксперимент, включая синтез, анализ, изучение структуры и свойств веществ и материалов, исследование процессов с их участием

**ОПК-2.1.** Работает с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности;

**ОПК-2.2.** Проводит синтез веществ и материалов разной природы с использованием имеющихся методик;

**ОПК-2.3.** Проводит стандартные операции для определения химического и фазового состава.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

*знать:*

- основы механизма химических реакций.
- основы теории растворов и фазовых равновесий;
- основы химической кинетики и катализа;
- основы химической термодинамики;
- основы электрохимии;
- нормы техники безопасности при работе с неорганическими веществами;
- свойства неорганических веществ на основе строения атома и закономерностей, вытекающих из периодического закона и положения элементов в периодической системе;

*уметь:*

- осуществлять расчеты с использованием основных законов химии;
- осуществлять расчеты, связанные с концентрациями растворов;
- прогнозировать реакционную способность неорганических веществ;
- рассчитывать скорость простых химических реакций;

- обращаться с химическими веществами и простым оборудованием для химического эксперимента;
  - реализовать знания норм техники безопасности в лабораторных условиях в неорганической химии;
  - синтезировать неорганические вещества;
  - экспериментально изучать свойств неорганических веществ;
- владеть:*
- методами безопасного обращения с химическими веществами;
  - методами безопасной работы с химическими веществами и простым оборудованием для химического эксперимента в области неорганической химии;
  - методами прогнозирования реакционной способности неорганических веществ на основании положения элементов в периодической системе Д.И. Менделеева и строения электронных оболочек атомов;
  - навыками выявления закономерностей протекания химических процессов с использованием основных законов теоретической химии;
  - навыками проведения химического эксперимента, основными методами получения и исследования химических веществ и реакций;
  - навыками работы с химическими веществами и простым оборудованием для химического эксперимента.

### 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Дисциплина «Неорганическая химия» относится к обязательной части учебного плана. Изучается в 1 и 2 семестрах обучения.

Изучение дисциплины строится на базе знаний по химии, физике, математике, полученных студентами ранее в средних учебных заведениях. В частности, студенты, приступающие к изучению неорганической химии должны знать в объеме школьной программы основы химической номенклатуры, стехиометрические законы химии, основы теории строения атомов и химической связи, основные закономерности химических процессов, свойства химических элементов и их соединений. Наряду с этим, студенты должны уметь составлять химические формулы и уравнения реакций, характеризовать свойства химических элементов и их соединений, решать расчетные задачи с использованием химических уравнений, отдельных концентраций растворов.

Изучение дисциплины является основой для освоения последующих дисциплин и практики: «Аналитическая химия», «Синтез неорганических соединений», «Физическая химия», «Химическая технология», «Физико-химические методы анализа», «Техника и методика постановки школьного эксперимента», «Ознакомительная практика».

Дисциплины и иные компоненты ОП, формирующие указанные выше компетенции:

- ОПК-1 (способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений) формируется при освоении дисциплин: «Неорганическая химия», «Органическая химия», «Аналитическая химия», «Физическая химия», «Коллоидная химия», «Физико-химические методы анализа», «Высокомолекулярные соединения», «Синтез неорганических соединений», «Синтез органических соединений», «Основы биохимии»; при прохождении ознакомительной практики; при подготовке к сдаче и при сдаче государственного экзамена; при подготовке к процедуре защиты и во время процедуры защиты выпускной квалификационной работы.

- ОПК-2 (способен проводить с соблюдением норм техники безопасности химический эксперимент, включая синтез, анализ, изучение структуры и свойств веществ и материалов, исследование процессов с их участием) формируется при освоении дисциплин: «Неорганическая химия», «Органическая химия», «Аналитическая химия», «Физическая химия», «Коллоидная химия», «Физико-химические методы анализа», «Высокомолекулярные соединения», «Синтез неорганических соединений», «Синтез органических соединений», «Основы химического эксперимента»; при прохождении ознакомительной практики; при подготовке к сдаче и при сдаче государственного экзамена; при подготовке к процедуре защиты и во время процедуры защиты выпускной квалификационной работы.

#### 4. Объем дисциплины (модуля)

##### 4.1. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием академических часов и виды учебной работы

Виды учебной работы	Очная форма
Общая трудоемкость в зачетных единицах	22
Общая трудоемкость в часах	792
Аудиторные занятия в часах, в том числе:	576
Лекции	272
Практические занятия	100
Лабораторные занятия	204
Практическая подготовка	-
Самостоятельная работа в часах	211,3
Форма промежуточной аттестации	Экзамен в 1 и 2 семестрах (0,7 часа) консультация к экзамену (4 часа)

##### 4.2. Объем контактной работы на 1 обучающегося

Виды учебных занятий	Очная форма
Лекции	272
Практические занятия	100
Лабораторные занятия	204
Консультации	4
Экзамены (1 и 2 семестр)	0,7
Всего	580,7

#### 5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам), с указанием количества часов и видов занятий

##### 5.1 Тематический план учебной дисциплины

№	Название раздела, темы	Всего з.е/час	Аудиторные занятия			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические	Лабораторные	
<b>Раздел 1. Теоретические основы химии</b>						
1	Введение	0,17/6	4	-	-	2
2	Атомно-молекулярное учение. Основные химические понятия и законы	0,83/30	8	6	10	6
3	Строение атома	0,83/30	12	6	6	6
4	Периодический закон и периодическая система элементов Д.И. Менделеева	0,77/28	12	4	6	6
5	Химическая связь	0,89/32	16	4	6	6
6	Межмолекулярные взаимодействия. Конденсированное состояние вещества	0,67/24	8	4	6	6
7	Комплексные соединения	0,89/32	12	4	10	6
8	Основы химической термодинамики	0,83/30	10	6	8	6
9	Кинетика и механизм химических реакций	1,00/36	10	4	14	8

10	Растворы. Фазовые равновесия	1,44/52	20	6	18	8
11	Окислительно-восстановительные процессы. Основы электрохимии	1,60/57,65	24	6	18	9,65
	Подготовка к экзамену	1,00/36	-	-	-	36
	ИКР (консультация к экзамену, экзамен)	0,065/2,35	-	-	-	-
	итого за 1 семестр	11/396	136	50	102	105,65
<b>Раздел 2. Химия элементов</b>						
12	Водород - первый элемент Периодической системы	0,44/16	8	-	6	2
13	Элементы 1-й группы	0,61/22	8	4	6	4
14	Элементы 2-й группы	0,67/24	8	4	8	4
15	Элементы 13-й группы	0,61/22	8	4	6	4
16	Элементы 14-й группы	0,67/24	8	4	8	4
17	Элементы 15-й группы	0,67/24	8	4	8	4
18	Элементы 16-й группы	0,67/24	8	4	8	4
19	Элементы 17-й группы	0,72/26	8	4	8	6
20	Элементы 18-й группы	0,61/22	8	4	6	4
21	Элементы 3-й группы	0,56/20	8	2	6	4
22	Элементы 4-й группы	0,56/20	8	2	6	4
23	Элементы 5-й группы	0,50/18	8	2	4	4
24	Элементы 6-й группы	0,50/18	8	2	4	4
25	Элементы 7-й группы	0,39/14	4	2	4	4
26	Элементы 8-й, 9-й и 10-й групп	0,67/24	12	2	6	4
27	Элементы 11-й группы	0,33/12	4	2	2	4
28	Элементы 12-й группы	0,29/9,3	4	2	2	2,65
29	Современные проблемы неорганической химии	0,19/7	4	2	-	1
30	Основные методы исследования неорганических веществ	0,25/9	4	-	4	1
	Подготовка к экзамену	1,00/36	-	-	-	36
	ИКР (консультация к экзамену, экзамен)	0,065/2,35	-	-	-	-
	итого за 2 семестр	11/396	136	50	102	105,65
	Итого:	<b>22/792</b>	<b>272</b>	<b>100</b>	<b>204</b>	<b>211,3</b>

## 5.2. Содержание:

### Раздел 1. Теоретические основы химии

#### Тема № 1. Введение

Предмет и задачи химии. Химия как система знаний о веществах – их составе, строении, химической связи в них. Место химии в ряду фундаментальных наук. Значение химии в жизни общества, в решении экологических проблем.

## **Тема № 2. Атомно-молекулярное учение. Основные химические понятия и законы**

Возникновение и развитие атомно-молекулярного учения. Гипотеза о дискретности вещества в философских работах древности. Экспериментальные данные химии 17 - 18 в.в., послужившие базой для развития представлений о дискретности веществ. Атомно-молекулярное учение М.В.Ломоносова.

Основные законы химии. Закон сохранения массы и энергии. Закон постоянства состава Пруста. Соединения постоянного и переменного состава. Закон кратных отношений Дальтона.

Атомы и молекулы, их абсолютные и относительные массы. Моль - единица количества вещества. Молярная масса.

Понятие химического элемента. Простое вещество. Сложное вещество. Границы применения понятия "молекула". Нахождение простейших и истинных формул химических соединений. Методы определения атомных и молекулярных масс.

Понятие эквивалента, эквивалентной массы, эквивалентного объема. Закон эквивалентов. Расчеты по химическим уравнениям.

Газовые системы. Газовые законы. Идеальный газ. Газовая постоянная. Уравнение состояния идеального газа (уравнение Менделеева-Клапейрона). Закон объемных отношений, закон Авогадро. Молярный объем. Относительная плотность газообразных веществ. Нормальные и стандартные условия.

## **Тема № 3. Строение атома**

Открытия 19 в., разбившие миф о неделимости атома (электролиз, катодные лучи, радиоактивность). Открытие электрона, лучей. Модели строения атома, созданные на основе законов классической механики: "пудинговая" модель Томсона, планетарная модель Резерфорда, их достоинства, несостоятельность.

Теоретические и экспериментальные предпосылки разрешения внутренних противоречий планетарной модели. Корпускулярно-волновой дуализм светового излучения. Кванты энергии, фотоны. Уравнение Планка. Спектры излучения атомов.

Теория атома водорода по Бору. Постулаты Бора. Объяснение спектра атома водорода. Внутренние противоречия теории атома водорода по Бору, попытки их устранения.

Квантово-механическая модель строения атома. Корпускулярно-волновая двойственность микрочастиц. Волны де Бройля. Принцип неопределенности Гейзенберга. Уравнение Шредингера, физический смысл волновой функции. Квантовые числа как параметры, определяющие состояние электрона в атоме: главное, побочное (орбитальное), магнитное, спиновое квантовые числа, их физический смысл. Понятие об электронном облаке, атомной орбитали, энергетическом уровне и подуровне. Вид и расположение в пространстве атомных s-, p-, d-, f-орбиталей.

Электронные и электронно-графические формулы атомов. Принципы заполнения орбиталей в атомах: принцип наименьшей энергии, запрет Паули и ёмкость электронных оболочек, правило Гунда. Порядок заполнения атомных орбиталей: правила Клечковского.

Заряды ядер атомов. Закон Мозли. Протонно-нейтронная модель строения атомного ядра Иваненко и Гапона. Ядро как динамическая система протонов и нейтронов, мезоны. Характер сил в атомном ядре. Дефект массы. Устойчивые и неустойчивые ядра. Изотопы. Изобары. "Магические числа". Радиоактивность, виды радиоактивного распада. Искусственная и естественная радиоактивность. Период полураспада. Использование ядерной энергии. Метод "меченых" атомов.

Свойства изолированных атомов. Атомные радиусы: ковалентный, металлический, орбитальный, эффективный, условный ионный. Энергия ионизации, сродство к электрону. Электроотрицательность абсолютная и относительная. Шкала относительной электроотрицательности Полинга. Магнитные свойства атомов: диамагнетизм и парамагнетизм.

## **Тема № 4 Периодический закон и периодическая система элементов Д.И. Менделеева**

Жизнь и научная деятельность Д.И.Менделеева. Первые попытки классификации химических элементов (Деберейнера, Льюиса, Шанкуртуа, Ньюлендса, Мейера и др.), их несовершенство. Открытие периодического закона Д.И.Менделеевым. Принцип построения естественной системы элементов. Использование Д.И.Менделеевым метода интерполяции для исправления атомных масс и предсказания свойств еще неоткрытых элементов. Экспериментальное подтверждение теоретических предсказаний Д.И.Менделеева: открытие галлия, скандия, германия, инертных газов. Работы Рамзая по созданию 8 группы периодической системы. Менделеевская формулировка периодического закона.

Вопросы, поставленные периодическим законом и периодической системой элементов, их разрешение с позиций представлений о строении атомов. Современная формулировка периодического закона.

Формы и структура периодической системы элементов. Длинная, короткая, полудлинная формы таблиц периодической системы. Периоды, группы, подгруппы. Таблица периодической системы как графическое выражение периодического закона. Физический смысл координат элемента в периодической системе. Связь положения элемента в периодической системе с электронным строением его атома. Особенности электронных структур атомов элементов главных и побочных подгрупп. Элементы s-, p-, d-, f-семейств, их местонахождение в периодической системе. Периодически и непериодически изменяющиеся свойства элементов. Изменение величин радиусов, энергий ионизаций, сродства к электрону, электроотрицательности с ростом заряда ядра в группе и периоде. Периодичность изменения свойств элементов как проявление периодичности изменения электронных конфигураций атомов. Вторичная и внутренняя периодичность. Эффекты d- и f- сжатия.

Значение периодического закона в развитии науки. Периодическая система элементов как иллюстрация законов диалектики. Границы и эволюция периодического закона и периодической системы элементов.

### **Тема № 5. Химическая связь**

Краткий очерк эволюции взглядов на сущность химической связи.

Понятие химической связи, причины ее образования, основные типы связи. Основные характеристики химической связи: энергия, длина, валентный угол, направленность.

Ковалентная связь. Квантово - механическая модель образования ковалентной связи на примере молекулы водорода. Метод валентных связей (МВС). Физическая идея метода: образование двухцентровых двухэлектронных связей, принцип максимального перекрывания атомных орбиталей.

Механизмы образования ковалентной связи: обменный, донорно-акцепторный.

Полярность ковалентной связи. Дипольный момент связи. Полярность молекул. Понятие степени окисления как формального заряда. Эффективный заряд атома элемента в соединении. Поляризуемость ковалентной связи, ее зависимость от длины.

Насыщаемость ковалентной связи. Понятие валентности, ковалентности, координационного числа. Валентные возможности элементов 1,2,3 и последующих периодов. Максимальная ковалентность атомов.

Направленность ковалентной связи. Способы перекрывания атомных орбиталей:  $\sigma$ ,  $\pi$ ,  $\delta$  - связи. Одинарные и кратные связи. Относительность устойчивости  $\sigma$  - связей.

Концепция гибридизация атомных орбиталей: условия и правила гибридизации. Типы гибридизации: sp-, sp<sup>2</sup>-, sp<sup>3</sup>-, dsp<sup>2</sup>-, d<sup>2</sup>sp<sup>3</sup>-, sp<sup>3</sup>d<sup>2</sup>. Гибридизация и пространственное строение ионов и молекул. Особенности распределения электронной плотности гибридных орбиталей. Гибридизация с участием неподелённых пар электронов.

Факторы, влияющие на прочность связи.

Локализованные и делокализованные связи. Многоцентровые связи. Делокализация  $\pi$  - электронной плотности в молекулах бензола, Кислородсодержащих кислотах и их ионах, в графите.

Метод молекулярных орбиталей (ММО). Физическая идея метода: делокализация электронной плотности между всеми ядрами. Метод линейной комбинации атомных орбиталей (ЛКАО). Молекулярные орбитали. Связывающие и разрыхляющие молекулярные

орбитали. Порядок заполнения электронами молекулярных орбиталей. Энергетические диаграммы и электронные формулы молекул. Оценка энергии молекулярной структуры по ее энергетической диаграмме. Понятие порядка (кратности) связи. Гомоядерные молекулярные структуры, образованные элементами I и II периодов, гетероядерные двухатомные молекулярные структуры, образованные элементами II периода, некоторые полиядерные молекулярные структуры, образованные элементами I и II периодов. Зависимость кратности, прочности, длины связи, магнитных свойств от характера заполнения молекулярных орбиталей в этих молекулах. Сравнение ММО и МВС.

Концепция поляризации ионов. Влияние заряда иона и его радиуса на поляризуемость. Поляризирующее действие иона, его зависимость от заряда, радиуса, электронной структуры.

Ионная связь. Разница в электроотрицательностях элементов как критерий отнесения связи к ионному типу. Степень ионности связи. Механизм образования ионной связи. Свойства ионной связи.

Водородная связь. Механизм образования. Межмолекулярная и внутримолекулярная водородная связь. Влияние водородной связи на свойства веществ.

Металлическая связь. Механизм образования, понятие "электронного газа". Свойства металлической связи. Сравнение ковалентной и металлической связей.

### **Тема № 6. Межмолекулярные взаимодействия. Конденсированное состояние вещества**

Межмолекулярные взаимодействия (силы Ван-дер-Ваальса): диполь-дипольное, диполь-индуцированный диполь, дисперсионные взаимодействия. Факторы определяющие энергию межмолекулярного взаимодействия. Энергия межмолекулярного взаимодействия в сравнении с энергией связи.

Соединения включения. Клатратные соединения.

Кристаллическое состояние вещества. Типы кристаллических решеток: атомная, ионная, молекулярная, металлическая. Природа сил, удерживающих частицы в узлах кристаллических решеток. Зависимость свойств веществ от типа кристаллической решетки. Понятие энергии кристаллической решетки. Зависимость физических свойств веществ с молекулярной структурой от характера межмолекулярного взаимодействия. Температуры плавления и кипения в рядах веществ сходного состава, образованных элементами одной подгруппы. Теплоты фазовых переходов. Влияние водородной связи на физические свойства веществ с молекулярной структурой.

### **Тема № 7. Комплексные соединения**

Понятие о комплексных соединениях. Основные положения координационной теории А.Вернера. Понятия ядра координации, внутренней и внешней сферы комплексов, лиганда. Дентатность лигандов. Координационное число и факторы его определяющие. Заряд комплексного иона.

Номенклатура комплексных соединений.

Классификация комплексных соединений: по знаку заряда внутренней сферы (катионные, анионные, нейтральные); по принадлежности к определенному классу соединений (кислоты, основания, соли); по природе лигандов (аквакомплексы, аммиакаты, карбонилы металлов, гидроксокомплексы, ацидокомплексы, смешанные комплексы); по внутренней сфере комплексного соединения (хелатные комплексы); по числу ядер координации (моно- и полиядерные комплексы).

Изомерия комплексных соединений: сольватная (гидратная), ионизационная, координационная, геометрическая (пространственная), зеркальная.

Природа химических связей в комплексных соединениях. Донорно-акцепторное, электростатическое взаимодействия. Теория кристаллического поля.

Значение комплексных соединений в технике, химической технологии, медицине.

### **Тема № 8. Основы химической термодинамики**

Понятие химической термодинамики, её задачи. Понятие химической системы.

Понятие об основных термодинамических функциях состояния системы: внутренняя энергия, энтальпия, энтропия, свободная энергия. Соотношение энтальпии и внутренней энергии системы.

Тепловые эффекты химических процессов. Понятие стандартной энтальпии образования веществ, факторы ее определяющие. Закон Гесса, вытекающие из него следствия. Расчет тепловых эффектов химических реакций.

Понятие стандартной энтропии. Изменение энтропии системы при фазовых превращениях. Расчет изменения энтропии в ходе химических процессов.

Понятие стандартной свободной энергии образования веществ. Расчет изменения свободной энергии и предсказание возможности протекания реакции при стандартных условиях.

Роль энтропийного, энтальпийного факторов и температуры в оценке возможности и полноты протекания химических процессов при различных условиях. Уравнение Гиббса. Оценка возможности протекания химических реакций.

### **Тема № 9. Кинетика и механизм химических реакций**

Понятие химической кинетики, её задачи. Значение учения о скоростях реакций и химическом равновесии для управления химическими процессами.

Понятие скорости химической реакции. Скорость гомогенной и гетерогенной реакции. Скорость истинная (мгновенная) и средняя. Факторы, влияющие на скорость химической реакции.

Зависимость скорости химической реакции от концентрации реагирующих веществ. Работы Н.Н.Бекетова. Закон действия масс Гульдберга и Вааге, математическая запись, формулировка, его применение для гомогенных и гетерогенных систем. Понятие константы скорости реакции, ее физический смысл, факторы ее определяющие.

Зависимость скорости реакции от температуры, правило Вант-Гоффа, температурный коэффициент реакции.

Зависимость скорости реакции от природы реагирующих веществ. Понятие об активных молекулах, энергии активации. Энергетические диаграммы хода реакций.

Катализ. Виды катализа: гомогенный, гетерогенный, микрогетерогенный, автокатализ. Положительный и отрицательный (ингибирование) катализ. Влияние катализаторов на величину энергии активации. Механизм действия катализаторов.

Цепные реакции. Понятие о свободных радикалах, механизм протекания неразветвленных и разветвлённых цепных процессов на примерах образования молекул хлороводорода и воды.

Понятие обратимости химических процессов, химического динамического равновесия. Кинетическое условие химического равновесия. Константа химического равновесия, ее физический смысл, факторы ее определяющие. Математическая запись и формулировка закона действия масс для обратимых химических реакций. Смещение химического равновесия. Принцип Ле Шателье-Брауна. Влияние температуры, давления, концентрации веществ, катализатора на состояние равновесия.

### **Тема № 10. Растворы. Фазовые равновесия**

Краткая характеристика и классификация дисперсных систем. Истинные растворы, коллоидные растворы, грубодисперсные системы. Эмульсии. Суспензии. Определение и классификация растворов.

Жидкие растворы. Растворение как физико-химический процесс, гидратная теория образования растворов Д.И.Менделеева. Сольваты, гидраты, кристаллогидраты. Изменение энтальпии при растворении веществ.

Растворимость веществ (жидких, твёрдых, газообразных) в воде. Коэффициент растворимости. Понятие насыщенного, пересыщенного растворов. Зависимость растворимости веществ в воде от температуры, давления, природы растворяемого вещества и растворителя.

Способы выражения состава растворов: безразмерные (массовая, объёмная, молярная доля), размерные (молярная, моляльная концентрации, молярная концентрация эквивалентов).

Электролиты и неэлектролиты. Основные положения теории электролитической диссоциации. Работы С.Аррениуса и И.А.Каблукова. Механизм диссоциации веществ с различным типом химической связи. Роль молекул воды в процессах диссоциации и ионизации веществ. Механизм гидратации анионов и катионов. Влияние на гидратацию размеров и зарядов ионов. Образование иона гидроксония.

Сильные и слабые электролиты. Степень и константа диссоциации, уравнение их взаимосвязи (закон Оствальда). Факторы, влияющие на величину степени диссоциации и константы диссоциации. Применение закона действия масс к процессу диссоциации слабых электролитов. Смещение равновесия диссоциации слабых электролитов. Понятие кажущейся степени диссоциации сильных электролитов.

Кислоты, основания, соли, комплексные соединения в свете теории электролитической диссоциации. Ступенчатая диссоциация. Основной и кислотный типы диссоциации гидроксидов. Амфотерные гидроксиды. зависимость типа диссоциации от относительной полярности химических связей в молекулах. Понятие константы нестойкости комплексного иона. Факторы, определяющие устойчивость комплексных ионов в растворе.

Электролитическая диссоциация воды. Ионное произведение воды. Влияние температуры на процесс диссоциации воды. Концентрация ионов водорода в растворах. Водородный показатель (рН).

Реакции в растворах электролитов (обменные реакции между ионами). Механизм их протекания, направленность, условия необратимости. Молекулярные и ионные уравнения реакций.

Реакция гидролиза. Гидролиз солей по катиону и аниону. Влияние природы, радиуса и заряда ионов на их гидролизуемость. Молекулярные и ионные уравнения гидролиза. Механизм гидролиза. Реакция среды в водных растворах солей. Обратимый и необратимый гидролиз. четыре типа солей в зависимости от гидролизуемости составляющих их ионов, Влияние природы, заряда и радиуса ионов на их гидролизуемость. Степень и константа гидролиза, уравнения их взаимосвязи для различных типов солей. Влияние концентрации соли в растворе, температуры, рН Среды на степень гидролиза. Расчет величины рН в растворах солей.

Равновесие в насыщенных растворах малорастворимых электролитов. Понятие произведения растворимости (ПР), условия образования и растворения осадков. Влияние одноимённых ионов на растворимость веществ. Перевод труднорастворимых осадков в растворимое состояние. Влияние рН раствора на образование осадка труднорастворимого вещества. Расчет растворимости по произведению растворимости и наоборот.

### **Тема № 11. Окислительно-восстановительные процессы. Основы электрохимии**

Реакции, идущие с изменением и без изменения степени окисления атомов элементов. Электронная теория окисления С.А.Даина и Л.В.Писаржевского. Окислители и восстановители. Классификация окислительно-восстановительных реакций. Правила составления уравнений окислительно-восстановительных реакций. Методы электронного баланса и ионно-электронный. Роль среды в протекании окислительно-восстановительных процессов.

Взаимодействие металлов с солями и кислотами в водных растворах как окислительно-восстановительный процесс.

Получение электрического тока при химических реакциях. Понятие о гальваническом элементе. Механизм возникновения скачка потенциала на границе раздела фаз металл - водный раствор его соли. Стандартный водородный электрод сравнения. Стандартные окислительно-восстановительные потенциалы как количественная характеристика окислительно-восстановительной способности. Таблица стандартных окислительно-восстановительных потенциалов. Электрохимический ряд напряжения металлов. Направленность окислительно-восстановительных процессов.

Электрический ток как сильнейший окисляющий и восстанавливающий агент. Электролиз как окислительно-восстановительный процесс. Электролиз расплавов элект-

тролитов. Инертные и активные электроды электродов. Характер катодных и анодных процессов при электролизе водных растворов электролитов. Практическое значение электролиза. Применение окислительно-восстановительных процессов в промышленной экологии.

## **Раздел 2. Химия элементов**

### **Тема № 12. Водород - первый элемент Периодической системы**

Проблема размещения водорода в Периодической системе.

Свойства водорода, характерные как для элементов–неметаллов (легкий аналог галогенов), так и для элементов–металлов (легкий аналог щелочных элементов). Целесообразность рассмотрения свойств водорода на завершающем этапе изучения Периодической системы.

Особенности строения атома водорода. Изотопы водорода — протий, дейтерий и тритий. Значение изотопов водорода для ядерной техники. Распространенность водорода, формы его нахождения в природе. Валентные состояния водорода. Размеры атома и ионов.

Молекулярный водород, физические и химические свойства. Атомарный водород. Проблема металлоподобного водорода. Лабораторные и промышленные способы получения водорода. Хранение водорода. Техника безопасности при работе с водородом. Применение водорода.

Гидриды — соединения водорода с металлами и неметаллами. Гидриды с ковалентным, ионным и промежуточными типами связей. Водородная связь, ее влияние на строение и свойства водородсодержащих соединений. Гидриды с трехцентровой связью. Растворимость водорода в металлах. Химические аккумуляторы водорода (сплав “лантан–никель–5”). Физические и химические свойства гидридов. Получение и применение гидридов.

Вода как важнейшее соединение водорода. Роль воды в биосфере и геосфере. Строение молекулы воды. Ассоциация молекул воды за счет водородных связей. Цепная реакция синтеза воды. Разложение воды под действием радиации (радиолиз) с образованием радикалов гидроксила, пероксида водорода, молекулярного кислорода, гидратированного электрона. Физические и химические свойства обычной и тяжелой воды. Термическая диссоциация воды.

Проблемы очистки воды. Получение химически чистой воды.

### **Тема № 13. Элементы 1-й группы**

Общая характеристика щелочных элементов (ЩЭ). Нахождение элементов первой группы в природе. Важнейшие минералы: сподумен (литий), каменная соль, альбит, криолит, глауберова соль (натрий), сильвинит, карналлит (калий), лепидолит, карналлит (рубидий), поллуцит (цезий). Франций — радиоактивный ЩЭ.

Получение ЩЭ в металлическом состоянии из природного сырья. Изменение химической активности ЩЭ в металлическом состоянии по ряду литий — цезий (отношение к воде, кислороду, азоту).

Соединения ЩЭ с неметаллами — получение, строение, свойства гидридов, галогенидов, сульфидов, нитридов. Изменение термической устойчивости и состава кислородных соединений в группе ЩЭ. Озониды, их применение.

Гидроксиды ЩЭ. Получение, строение, свойства, применение едкого натра, едкого кали.

Строение, свойства, получение, применение солей ЩЭ — нитратов, сульфатов, галогенидов. Кристаллогидраты наиболее практически важных солей ЩЭ. Изменение степени гидратации катионов ЩЭ в водных растворах их солей по ряду литий — цезий. Получение соды (аммиачный и сульфатный метод) и поташа. Каустификация соды. Калийные удобрения. Малорастворимые соли лития, натрия и калия.

Изменение термической устойчивости карбонатов, нитратов, сульфатов в ряду литий — цезий. Изменение в том же ряду температуры плавления и электропроводности галогенидов ЩЭ. Комплексообразующие свойства катионов ЩЭ. Особые свойства соединений лития.

Применение ЩЭ в промышленности. Использование ЩЭ в металлическом состоянии в качестве теплоносителей в ядерной энергетике. Биологическая роль соединений ЩЭ (калий-натриевый “насос”, препараты лития, калия и цезия в медицине).

#### **Тема № 14. Элементы 2-й группы**

Общая характеристика элементов второй группы.

##### Бериллий

Влияние особенностей строения атома бериллия на свойства его соединений. Распространенность бериллия, изотопный состав. Переработка берилла (щелочной, фторидный и сернокислотный способы). Токсичность бериллия и его соединений.

Получение и свойства металлического бериллия, применение в технике бериллия и его сплавов.

Гидроксид бериллия, его амфотерность. Соли бериллия и бериллаты, их гидролиз. Основные и комплексные карбонаты бериллия, их свойства. Летучесть оксоацетата бериллия. Галогениды бериллия (фториды и хлориды), особенности их строения.

##### Магний

Минералы магния (доломит, магнезит, карналлит). Получение магния из минерального сырья. Физические и химические свойства металлического магния. Сплавы магния, их значение для современной техники. Оксид и гидроксид магния. Карбонаты магния. Гидролиз растворимых солей магния. Магнезиальный цемент. Получение безводных галогенидов магния. Применение магния в форме металла и в виде сложных соединений. Диагональное сходство свойств соединений магния и лития.

##### Щелочноземельные элементы (ЩЗЭ)

Минералы кальция (известняк, мел, мрамор, гипс), стронция (целестин, стронцианит), бария (тяжелый шпат, витерит). Получение металлического кальция, стронция, бария, их физические и химические свойства. Оксиды и гидроксиды, гидриды ЩЗЭ. Гашеная и негашеная известь. Галогениды, нитриды. Растворимые (галогениды, нитраты, ацетаты) и нерастворимые (сульфаты, карбонаты, оксалаты) соли. Изменение термической устойчивости карбонатов, сульфатов, нитратов в ряду кальция — бария. Комплексообразующая способность ионов ЩЗЭ.

Жесткость воды (временная, постоянная). Уменьшение жесткости воды с помощью комплексонов. Деминерализованная вода (использование ионообменных материалов для очистки воды).

Переработка и использование природных соединений кальция (известь, мрамор, мел). Гипс, его свойства. Производство цемента, процессы “схватывания” и твердения цемента.

Геохимическая и биологическая роль ЩЗЭ. Токсичность соединений бария. Опасность радиоактивного заражения стронцием-90.

##### Радий

Закономерное изменение химических свойств простых и сложных соединений в ряду Be — Ra.

Открытие радия М.Склодовской-Кюри. Выделение радия из руд. Радий как член радиоактивного семейства урана — радия. Продукты радиоактивного распада радия.

#### **Тема № 15. Элементы 13-й группы**

Бор и алюминий как типические элементы подгрупп галлия и скандия. Выбор альтернативного варианта. Преимущества и недостатки рассмотрения химии бора и алюминия как предшественников элементов подгрупп скандия и галлия.

##### Бор

Общая характеристика бора. Причина преобладания у бора неметаллических свойств. Минералы бора (тинкал, гидроборацит, колеманит). Изотоп  $^{10}\text{B}$ . Использование бора в ядерной энергетике.

Модификации бора — простого вещества. Получение бора, его физические и химические свойства. Соединения бора с металлами и неметаллами. Карбид бора  $\text{B}_4\text{C}$  — конкурент алмаза. Нитрид бора, гексагональный и кубический (боразон). Галогениды бо-

ра. Неорганические полимеры на основе соединений бора. Тетрафторборная кислота, ее соли. Боразол — аналог бензола.

Получение, строение, свойства диборана (трехцентровая двухэлектронная связь). Гомологические ряды гидридов бора:  $B_nH_{n+4}$  и  $B_nH_{n+6}$ . Гидридобораты и бориды металлов.

Кислородные соединения бора. Оксид бора (III). Борные кислоты, их соли. Получение, строение буры, ее гидролиз. Переработка буры в борную кислоту. Сложные эфиры борной кислоты.

Применение соединений бора.

#### Алюминий

Общая характеристика алюминия. Минералы алюминия (боксит, нефелин, каолин). Переработка боксита в оксид алюминия. Роль алюмосиликатов в неживой природе (цеолиты, глины).

Производство металлического алюминия. Физические и химические свойства алюминия. Сплавы алюминия, их применение.

Оксид алюминия (III):  $\alpha$ - и  $\gamma$ - $Al_2O_3$ . Искусственные рубины. Гидроксид алюминия, “старение” за счет процессов оляции и оксоляции. Строение и свойства алюминатов, полученных методом твердофазного синтеза и в водных растворах. Полиалюминат натрия,  $\beta$ - $Al_2O_3$  — суперионный проводник. Гидролиз солей алюминия и алюминатов. Комплексные соединения и двойные соли алюминия. Получение и строение безводных галогенидов алюминия. Диагональное сходство свойств соединений бериллия и алюминия.

Разделение смесей бериллия и алюминия путем осаждения квасцов, получения карбонатных или фторидных комплексов и методом возгонки оксоацетата бериллия.

Гидрид алюминия и гидридоалюминаты щелочных элементов. Применение соединений алюминия.

#### Элементы подгруппы галлия — галлий, индий, таллий

Общая характеристика элементов подгруппы галлия. Специфика свойств соединений галлия, индия, таллия как постпереходных элементов-металлов. Галлий, индий, таллий — рассеянные элементы. Извлечение галлия, индия, таллия из отходов производства алюминия и цветных металлов. Физические и химические свойства металлических галлия, индия, таллия, их получение и применение.

Валентные состояния элементов подгруппы галлия. Изменение устойчивости соединений, содержащих галлий, индий, таллий в степени окисления (III) и (I). Способы получения одно- и трехвалентных галлия, индия, таллия. Особенности окислительно-восстановительных свойств соединений таллия. Сходство соединений таллия (I) и соединений рубидия (I), с одной стороны, и серебра (I) — с другой.

Амфотерность оксидов и гидроксидов трехвалентных галлия, индия, таллия. Соли и комплексные соединения галлия, индия, таллия. Применение соединений галлия, индия, таллия в полупроводниковой технике. Арсенид галлия как основа нового поколения полупроводников. Токсичность таллия.

Сравнение химических свойств элементов тринадцатой и третьей групп Периодической системы.

### **Тема № 16. Элементы 14-й группы**

Углерод и кремний — типические (по Менделееву) элементы четырнадцатой группы. Закономерный переход в группе от неметаллических (углерод, кремний) к металлическим свойствам (германий, олово, свинец).

#### Углерод

Общая характеристика углерода. Особенности электронного строения атома углерода, обуславливающие уникальную способность этого элемента образовывать связи C–C различной кратности и связи с атомами других элементов-неметаллов. Многообразие органических и неорганических соединений углерода, валентные формы углерода. Распространенность и изотопный состав. Использование изотопа  $^{14}C$  для определения возраста археологических объектов. Формы нахождения углерода в природе.

Кристаллическая структура алмаза и графита. Искусственные алмазы и графит. Карбин. Фуллерены. Применение алмазов, графита, сажи. Активированный уголь как поглотитель газов, паров и растворенных веществ (Н.Д. Зелинский).

Химические свойства углерода. Соединения углерода с металлами и неметаллами. Важнейшие карбиды, их классификация по типу химической связи. Карбиды серы (сероуглерод), азота (дициан), кремния (карборунд), железа, вольфрама, гафния, тория и др. Применение карбидов в технике и химической промышленности в качестве тугоплавких, жаростойких, высокотвердых материалов, составляющих конструкционных материалов, сталей и сплавов, применение в синтезе (карбид кальция и др.)

Синильная кислота, простые и комплексные цианиды. Цианамиды щелочных и щелочноземельных элементов. Роданистоводородная кислота и ее соли.

Галогениды углерода — четыреххлористый углерод, хлороформ, фторпроизводные углерода и их практическое применение (фреоны, фторопласты).

Углеводороды с одинарной, двойной и тройной связью. Изменение прочности связи углерод–углерод в ряду углеводородов с одинарной, двойной и тройной связью. Катенация (образование гомоядерных цепей), ее ослабление в ряду  $C — Si — Ge$ .

Примеры металлоорганических соединений — веществ, содержащих связь металл–углерод (метиллитий, тетраэтилсвинец, диметилртуть).

Кислородные соединения углерода. Оксид углерода (II) (угарный газ). Строение молекулы (методы МО и ВС). Получение и свойства оксида углерода (II). Координационные соединения оксида углерода (II) — карбонилы переходных элементов. Фосген как хлорангидрид угольной кислоты. Применение оксида углерода (II) в химической промышленности и в качестве топлива.

Оксид углерода (IV) (углекислый газ), получение, строение молекулы, физические и химические свойства. Применение углекислого газа. Угольная кислота, ее строение и свойства. Карбонаты, гидрокарбонаты, их термическая устойчивость. Получение и применение карбамида (мочевины).

### Кремний

Общая характеристика кремния. Роль соединений кремния в построении земной коры. Основные кремнийсодержащие минералы — кварц, силикаты, алюмосиликаты (полевой шпат, слюда, асбест, каолин).

Кристаллическая структура кремния. Получение кремния. Физические и химические свойства кремния — простого вещества. Кремний — полупроводник. Соединения кремния с металлами и неметаллами. Силициды, их классификация по типу химической связи, применение. Соединения кремния с галогенами. Гексафторокремниевая кислота, ее соли. Карбид кремния и материалы на его основе.

Соединения кремния с водородом. Строение силанов. Получение, свойства, применение. Различия в термической устойчивости углеводородов и силанов.

Кислородные соединения кремния. Оксид кремния (IV) — полиморфные модификации. Природные разновидности оксида кремния (IV). Кремниевые кислоты. Силикагель, получение, применение. Золь и гель кремниевой кислоты. Силикаты, их гидролиз. Современные представления о строении силикатов. Основные типы структур силикатов: островные, цепные, слоистые, трехмерные. Искусственные силикаты: стекла, ситаллы, цементы, принципы промышленного получения стекла и цемента. Оксид кремния (II), получение и свойства.

Важнейшие кремнийорганические соединения: силоксан, силиконы, их применение в технике.

Сравнение свойств кислородных соединений и галогенидов углерода и кремния.

Диагональное сходство свойств соединений бора и кремния.

### Элементы подгруппы германия — германий, олово, свинец

Общая характеристика элементов подгруппы германия. Распространенность германия, олова, свинца. Аномальный изотопный состав свинца. Германий — рассеянный элемент. Минералы олова (касситерит), свинца (свинцовый блеск).

Получение германия, его физические и химические свойства. Германий как важнейший материал с полупроводниковыми свойствами.

Получение металлического олова из касситерита, рафинирование олова; физические и химические свойства олова. Применение олова и его сплавов. Получение металлического свинца, его рафинирование. Физические и химические свойства, применение свинца и его сплавов.

Изменение окислительно-восстановительной устойчивости соединений, содержащих элементы в степени окисления (IV) и (II), по ряду германий — свинец.

Важнейшие соединения германия (IV): оксид германия, германаты, тетрахлорид германия, гидриды и металлоорганические соединения германия (IV). Соединения германия (II).

Важнейшие соединения олова (IV) и (II): их получение, состав, строение, свойства. Оксид олова (IV), оловянные кислоты, станнаты. Оксид и гидроксид олова (II), станниты. Хлориды олова (IV) и (II). Сульфиды олова (IV) и (II), тиостаннаты. Окислительно-восстановительные свойства соединений олова (IV) и (II). Применение соединений олова. Сенсорные материалы.

Важнейшие соединения свинца (II) и (IV): оксиды свинца (II) и (IV), сурик, плюмбиты, плюмбаты. Растворимые и нерастворимые соли свинца (II) и (IV). Свинцовые белила. Галогениды и сульфиды свинца. Комплексные соединения свинца (II) и (IV). Сравнение окислительно-восстановительных, кислотно-основных и комплексообразующих свойств свинца (II) и (IV). Применение соединений свинца. Свинцовые аккумуляторы. Токсичность свинца и его соединений.

Сравнение химических свойств элементов четырнадцатой и четвертой групп Периодической системы.

### Тема № 17. Элементы 15-й группы

Азот и фосфор — типические (по Менделееву) элементы пятнадцатой группы. Закономерное усиление металлических свойств от азота и фосфора к элементам подгруппы мышьяка.

#### Азот

Общая характеристика азота. Распространенность и нахождение азота в природе (воздух, органические азотсодержащие соединения, селитры, нитриты). Строение молекулы азота (методы МО и ВС). Уникальные физические и химические свойства молекулярного азота. Энергия тройной, двойной и одинарной связи азот — азот. Сопоставление энергетических характеристик связей азот — азот, углерод — азот, углерод — углерод. Получение азота в лаборатории и промышленности. Применение молекулярного азота.

Современные методы связывания атмосферного азота (синтез аммиака, оксида азота (II), цианамида кальция, нитрогенильных комплексов).

Аммиак. Строение, физические и химические свойства. Получение аммиака в лаборатории. Сжижение аммиака. Физико-химические условия промышленного синтеза аммиака. Катализаторы синтеза аммиака. Равновесие взаимодействия аммиака с водой. Гидраты аммиака. Проблема существования гидроксида аммония. Соли аммония, их получение и свойства. Строение иона аммония. Термическая устойчивость солей аммония — производных важнейших минеральных кислот. Гидролиз солей аммония. Применение аммиака и солей аммония. Аммиакаты как пример комплексных азотсодержащих соединений.

Нитриды с ионной, ковалентной связью, металлоподобные нитриды. Гидразин и гидроксилламин, состав и свойства. Сравнение основных и окислительно-восстановительных свойств аммиака, гидразина и гидроксилламина. Азотистоводородная кислота и ее соли (азиды). Галогениды азота, их свойства.

Кислородные соединения азота. Природа связи азот — кислород.

Состав, строение и закономерности в изменении свойств оксидов азота:  $N_2O$ ,  $NO$ ,  $N_2O_3$ ,  $NO_2$ ,  $N_2O_4$ ,  $N_2O_5$  (дипольный момент, межмолекулярное взаимодействие, взаимодействие с водой, термическая устойчивость, кислотные свойства). Получение оксидов азота. Схема МО для  $NO$ , сопоставление свойств  $NO$  и  $NO^+$ . Радикальные реакции  $NO$

(взаимодействие с  $O_2$ ,  $Cl_2$ ),  $NO_2$  (реакции нитрования органических веществ). Анионные ( $NO_2^-$ ,  $NO_3^-$ ) и катионные ( $NO^+$ ,  $NO_2^+$ ) формы оксидов азота (III), (V). Диспропорционирование оксидов азота (III), (IV) в кислой и щелочной средах, полярных и неполярных растворителях. Синтез безводных нитратов элементов-металлов. Термическое разложение нитратов натрия, серебра, свинца.

Получение, сопоставление строения и свойств азотистой  $HNO_2$  и азотной  $HNO_3$  кислот: устойчивость, кислотные и окислительно-восстановительные свойства водных растворов. Зависимость состава продуктов взаимодействия азотной кислоты с металлами от концентрации кислоты и природы металла. Нитриты и нитраты, получение, свойства, их роль в технике. Гипоазотистая кислота  $(HNO)_2$ .

### Фосфор

Общая характеристика фосфора. Распространенность фосфора и формы его нахождения в природе (фосфаты элементов-металлов — фосфориты, апатиты, монацит; фосфорсодержащие органические соединения — нуклеиновые кислоты и др.). Валентные состояния фосфора.

Аллотропные модификации фосфора. Условия стабильности белого и красного фосфора. Строение белого и красного фосфора, физические и химические свойства. Свечение фосфора. Взаимодействие фосфора с металлами и неметаллами. Получение и применение красного и белого фосфора в промышленности.

Водородные соединения фосфора. Способы получения фосфина. Соли фосфония, их термическая и гидролитическая устойчивость.

Фосфиды металлов, получение, свойства. Типы химической связи в фосфидах металлов и неметаллов. Инсектоfungициды и полупроводниковые материалы на основе фосфидов. Галогениды фосфора, оксогалогениды. Особенности строения  $PCl_5$  и  $PCl_3$ ,  $PBr_5$  и  $PBr_3$ . Неорганические полимеры на основе галогенидов фосфора (фосфонитрилхлорид).

Кислородные соединения фосфора — оксиды, кислородсодержащие кислоты. Оксид фосфора (III), получение, строение молекулы, свойства. Фосфористая кислота, получение, строение, свойства. Фосфиты. Фосфорноватистая кислота, получение, строение, свойства. Гипофосфиты. Фосфорноватая кислота, ее соли.

Оксид фосфора (V), получение, строение молекулы, свойства. Получение и взаимные переходы орто-, ди(пиро)- и метафосфорной кислот. Строение и свойства фосфорных кислот и их солей. Аналитические методы их идентификации. Гидролиз фосфатов. Полиметафосфаты. Сравнение кислотных, окислительно-восстановительных свойств и термической устойчивости кислородсодержащих кислот фосфора (I), (III), (V). Фосфорные удобрения и моющие средства на основе фосфатов. Роль производных фосфорной кислоты в биологических процессах. Протонные проводники на основе кислых фосфатов.

Элементы подгруппы мышьяка — мышьяк, сурьма, висмут

Общая характеристика элементов подгруппы мышьяка. Особенности химических свойств мышьяка, сурьмы, висмута как постпереходных элементов. Склонность элементов подгруппы мышьяка к образованию химической связи с серой. Минералы мышьяка (реальгар, аурипигмент), сурьмы (сурьмяный блеск), висмута (висмутовый блеск). Получение мышьяка, сурьмы, висмута из природного сырья. Физические и химические свойства, применение мышьяка, сурьмы, висмута. Сплавы сурьмы и висмута, сплав Вуда.

Валентные состояния мышьяка, сурьмы и висмута. Изменение устойчивости соединений, содержащих элементы подгруппы мышьяка в степени окисления (III) и (V).

Важнейшие соединения мышьяка (V) и (III): оксиды (V) и (III), мышьяковая и мышьяковистая кислоты, арсенаты и арсениты. Сульфиды и тиосоли мышьяка (V) и (III). Проявление амфотерных свойств соединениями мышьяка. Сравнение окислительно-восстановительных и кислотно-основных свойств однотипных соединений мышьяка (V) и (III).

Кислородные соединения сурьмы: оксиды (V) и (III), сурьмяная и сурьмянистая кислоты, антимонаты и антимониты. Сопоставление окислительно-восстановительных и кислотно-основных свойств соединений сурьмы (V) и (III). Состояние сурьмы (V) и (III) в

водных растворах. Галогениды сурьмы (V) и (III), их гидролиз. Сульфиды и тиосоли сурьмы (V) и (III).

Важнейшие соединения висмута (III) — оксид и гидроксид, соли и оксосоли, сульфид висмута (III). Состояние висмута (III) в водных растворах. Соединения висмута (V) — висмутаты, их получение и свойства сильнейших окислителей.

Водородные соединения мышьяка, сурьмы и висмута, получение, строение, свойства. Арсениды, антимониды, висмутиды. Получение, свойства.

Применение соединений элементов подгруппы мышьяка в промышленности. Токсичность соединений мышьяка, сурьмы, висмута.

Сопоставление состава, строения, характера химической связи, кислотно-основных и окислительно-восстановительных свойств, термодинамических характеристик однотипных соединений элементов пятнадцатой группы (простых веществ, гидридов, галогенидов, оксидов, кислородсодержащих кислот).

Сравнение химических свойств элементов пятнадцатой и пятой групп Периодической системы.

### **Тема № 18. Элементы 16-й группы**

Общая характеристика кислорода. Роль кислорода как самого распространенного элемента в биологических и минеральных процессах на Земле.

Строение молекулы кислорода с позиций методов ВС и МО. Парамагнетизм молекулярного кислорода, физические и химические свойства молекулярного кислорода. Строение иона  $O_2^+$  (метод МО).

Получение кислорода в лаборатории и промышленности. Жидкий кислород. Применение молекулярного кислорода.

Важнейшие кислородные соединения — оксиды элементов-металлов и элементов-неметаллов, гидроксиды металлов, кислородсодержащие кислоты и их соли. Типы химической связи в оксидах, гидроксидах, кислородсодержащих кислотах различных элементов. Оксиды элементов-металлов с переменной степенью окисления. Нестехиометрические оксиды. Химические и физические свойства оксидов. Оксидные бронзы.

Пероксид водорода. Строение, термическая устойчивость и кислотная диссоциация. Окислительно-восстановительные свойства пероксида водорода. Способы получения и применение пероксида водорода в технике, технологии, медицине. Надкислоты, соли надкислот. Их строение, свойства и применение на примере надсерных кислот. Пероксиды металлов как производные пероксида водорода. Пероксиды и надпероксиды, их получение, свойства и применение. Строение ионов  $O_2^-$  и  $O_2^{2-}$  с точки зрения метода МО.

Озон, его свойства, строение, получение. Применение для озонирования воды и воздуха, в качестве окислителя в синтезе. Озоныды, их получение, свойства и применение.

#### Элементы подгруппы серы — сера, селен, теллур, полоний

Общая характеристика элементов подгруппы серы. Распространенность, формы нахождения в природе элементов подгруппы серы (самородная сера, сульфаты, халькогениды металлов, органические соединения, содержащие серу). Биологическая роль селена. Полоний — радиоактивный элемент-металл. Изменение характерных валентных состояний в ряду кислород — теллур.

$рл — рл$  и  $рл — dl$  связывание, особенности катенации в ряду кислород — теллур.

Аллотропные и полиморфные модификации серы, диаграмма состояний серы. Соединения серы с металлами и неметаллами. Применение серы.

Водородные соединения серы, селена, теллура, химические и физические свойства, получение и применение. Изменение строения, термической и окислительно-восстановительной устойчивости, термодинамических характеристик в ряду вода — сероводород — селеноводород — теллуrowодород (длина связи, валентный угол, дипольный момент, условия фазовых переходов). Изменение кислотно-основных свойств водных растворов водородных соединений в том же ряду. Многосернистый водород, получение и свойства (полисульфаны). Токсичность водородных соединений серы, селена, теллура. Правила техники безопасности при работе с ними.

Халькогениды металлов (сульфиды, селениды, теллуриды), получение и свойства. Гидросульфиды и полисульфиды металлов. Сульфиды металлов как важнейшее минеральное сырье. Использование халькогенидов металлов в качестве полупроводников.

Кислородные соединения серы, селена, теллура со степенью окисления (IV). Способы получения, строение и свойства оксидов (IV) элементов подгруппы серы. Изменение термической устойчивости и окислительно-восстановительных свойств в ряду оксид серы (IV) (сернистый газ) — оксид селена (IV) — оксид теллура (IV). Сернистая кислота, строение, получение, свойства. Сульфиты и гидросульфиты, термическая устойчивость, окислительно-восстановительные свойства, гидролиз в водных растворах. Таутомерия гидросульфит-иона. Сравнение свойств сернистой, селенистой и теллуристой кислот и их солей.

Хлористый тионил — галогенангидрид сернистой кислоты, получение, строение, свойства.

Тиосернистая, тиосерная, гидросернистая, политионовые кислоты — состав, свойства. Получение, строение и свойства тиосульфата натрия. Гомоядерные цепи в политионатах.

Кислородные соединения серы, селена, теллура со степенью окисления (VI). Изменение термической устойчивости и термодинамических характеристик оксидов (VI) элементов в ряду сера — теллур. Оксид серы (VI) (серный ангидрид), его строение, физические и химические свойства. Физико-химические параметры процесса получения серного ангидрида окислением сернистого газа кислородом.

Серная кислота — важнейшая из минеральных кислот, ее применение. Строение и свойства серной кислоты. Основные принципы промышленных методов получения серной кислоты — контактного и нитрозного. Нитрозилсерная кислота. Олеум. Сульфаты и гидросульфаты. Влияние природы катиона элемента-металла на термическую устойчивость сульфатов.

Сравнение свойств серной, селеновой и теллуровой кислот и их солей. Особенности состава и строения теллуровой кислоты. Проявление вторичной периодичности в свойствах кислородных соединений элементов подгруппы серы.

Сравнение кислотных, окислительно-восстановительных свойств и термической устойчивости серной и сернистой кислот.

Замещение в  $H_2SO_4$ : концевых атомов кислорода на серу (тиосульфаты), пероксогруппу (моно- и диангидросерная кислоты), гидроксильной группы на мостиковый кислород (пиросульфат и полисульфаты), на галоген ( $SO_2Cl_2$ ,  $HSO_3F$ ).

Сравнение химических свойств элементов шестнадцатой и шестой групп Периодической системы.

### Тема № 19. Элементы 17-й группы

Общая характеристика галогенов. Основные формы химической связи. Преобладание неметаллических свойств. Важнейшие минералы фтора (фторапатит, флюорит, криолит) и хлора (каменная соль, сильвинит). Добыча поваренной соли из морской воды. Получение соединений брома из буровых вод, солей иода из морских водорослей. Астат — радиоактивный член группы галогенов.

Строение двухатомных молекул галогенов. Изменение энергии связи галоген — галоген и химической активности в ряду двухатомных молекул галогенов. Влияние изменения межмолекулярного взаимодействия по ряду фтор — иод на агрегатное состояние галогенов.

Химические свойства галогенов в молекулярном состоянии, взаимодействие с металлами и неметаллами. Солеобразные галогениды, галогенангидриды. Межгалогенные соединения. Аналогия в химических свойствах галогенов и межгалогенных соединений. Полигалогениды. Порядок вытеснения галогенов из растворов их галогенидов, иллюстрация этих процессов величинами окислительно-восстановительных потенциалов.

Получение галогенов в лаборатории и промышленности. Химические и электрохимические методы. Токсичность галогенов. Правила техники безопасности при работе с галогенами. Применение галогенов в промышленности и технике: в металлургии (элек-

тролиз безводных галогенидов, иодидное рафинирование), в неорганическом и органическом синтезе.

Галогеноводороды, их физические и химические свойства. Изменение в ряду фтороводород–иодоводород прочности и типа связи водород — галоген, термической устойчивости и восстановительных свойств галогеноводородов. Термодинамические характеристики галогеноводородов. Способы получения галогеноводородов. Цепная реакция синтеза хлороводорода. Получение галогеноводородов из солеобразных галогенидов и из галогенангидридов.

Растворы галогеноводородов в воде, изменение силы галогеноводородных кислот в ряду HF — HI.

Соляная кислота как одна из важнейших минеральных кислот, ее свойства, получение в промышленности и применение. Плавиковая кислота, особенности ее строения, применение. Гидрофториды. Травление стекла плавиковой кислотой и газообразным фтороводородом. Техника безопасности при работе с фтороводородом и его растворами.

Кислородные соединения галогенов — оксиды и кислородсодержащие кислоты. Изменение их устойчивости в ряду фтор — иод. Вторичная периодичность в изменении устойчивости кислородных соединений галогенов с точки зрения теории поляризации и с учетом образования кратных связей галоген — кислород.

Взаимодействие галогенов с водой: сольватация и клатратообразование, гетеролитическое разложение. Изменение состава продуктов этого взаимодействия в ряду фтор — иод. Термодинамические и кинетические характеристики процессов взаимодействия галогенов с водой. Влияние концентрации водородных ионов на равновесие реакции галогенов с водой.

Процесс “беления” сухим и влажным хлором. Хлорноватистая кислота, ее соли — гипохлориты. Жавелевая вода. Хлорная известь. Хлористая, хлорноватая, хлорная кислоты и их соли: хлориты, хлораты, перхлораты. Способы получения. Строение и свойства, применение важнейших кислородсодержащих кислот хлора и их солей. Сопоставление термической устойчивости, силы кислот и окислительно-восстановительных свойств в ряду кислородсодержащих кислот хлора.

Оксиды хлора — Cl<sub>2</sub>O, ClO<sub>2</sub>, ClO<sub>3</sub>, Cl<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, их термическая неустойчивость. Оксиды брома и иода.

Кислородсодержащие кислоты брома, иода и их соли, состав, свойства. Неустойчивость кислородных кислот и оксидов брома. Получение бромной кислоты с помощью фторидов ксенона и путем облучения нейтронами селенатов щелочных металлов. Амфотерность иодноватистой кислоты. Иодные кислоты, их гидратные формы. Получение иодных кислот и их солей.

Порядок взаимного вытеснения галогенов из кислородсодержащих соединений, иллюстрация наблюдаемой закономерности величинами окислительно-восстановительных потенциалов.

Применение соединений элементов семнадцатой группы.

Сравнение химических свойств элементов семнадцатой и седьмой групп Периодической системы.

### **Тема № 20. Элементы 18-й группы**

Особенности электронного строения атомов инертных газов. Неустойчивость двухатомных молекул инертных газов (на примере гелия, метод МО). Физические свойства инертных газов. Нахождение инертных газов в природе, способы разделения их смесей. Основные вехи истории открытия соединений инертных газов (Б.А. Никитин, Н. Бартлетт). Дифторид, тетрафторид, гексафторид ксенона. Триоксид ксенона. Перксенат-ион. Трехцентровая четырехэлектронная связь в соединениях инертных газов. Окислительные свойства фторидных и кислородных соединений ксенона. Положение фторидов ксенона в ряду известных фторокислителей. Фторидные соединения радона и криптона.

Применение инертных газов и их соединений как фторокислителей и в радиохимии для улавливания летучих соединений осколочных элементов.

### **Тема № 21. Элементы 3-й группы**

Различный подход к определению элементов подгрупп скандия или галлия как электронных аналогов бора и алюминия. Альтернативные варианты порядка рассмотрения химии бора и алюминия — типических (по Менделееву) элементов в третьей или в тринадцатой группах Периодической системы.

РЗЭ, актиний и актиниды как элементы начала 3d-, 4d-, 5d-, 6d-рядов переходных элементов. Правомерность отнесения РЗЭ и актиния к f-элементам.

#### Редкоземельные элементы

Общая характеристика РЗЭ. Открытие РЗЭ. Строение электронных оболочек атомов, характерные валентные состояния, устойчивые степени окисления. Цериевая и иттриевая подгруппы. “Гадолиниевый излом”. Лантанидное сжатие. Распространенность РЗЭ, изотопный состав, нахождение в природе (монацит, лопарит, ксенотим, гадолинит). Синтез прометия.

Получение, физические и химические свойства РЗЭ в металлическом состоянии, применение РЗЭ в металлургии в качестве “раскислителей”, а также для легирования.

Оксиды, гидроксиды, соли РЗЭ. Двойные соли. Комплексные соединения, изменение их устойчивости в ряду скандий — иттрий — лантан — лютеций. Комплексные соединения с полидентатными лигандами как основа современных методов разделения и очистки РЗЭ — ионообменной хроматографии и экстракции. Разделение смесей РЗЭ дробной кристаллизацией их солей и фракционным осаждением плохо растворимых соединений (гидроксидов, оксалатов, двойных сульфатов). Летучие соединения РЗЭ, перспективы их использования для разделения РЗЭ.

Применение соединений РЗЭ (материалы лазерной оптики, магнитные материалы: гранаты, катализаторы, люминофоры, составная часть ВТСП материалов).

#### Актиний и актиниды

Общая характеристика актиния и актинидов. Проблематичность химической аналогии актинидов и лантанидов.

Минералы тория (монацит), урана (урановая смоляная руда). Валентные состояния тория, урана. Металлические торий, уран. Принципы получения тория и урана из природного сырья.

Оксиды и гидроксиды тория. Безводные и гидратированные соли тория.

Кислородные соединения урана — оксиды урана, уранаты. Соли уранила и четырехвалентного урана. Галогениды урана. Комплексные соединения урана (VI) и (IV).

Получение U-233 из тория. Синтез трансурановых элементов. Принципы разделения смесей урана и плутония.

Применение тория, урана и плутония.

### **Тема № 22. Элементы 4-й группы**

Общая характеристика элементов четвертой группы. Минералы титана (ильменит, рутил, перовскит), циркония — гафния (циркон). Титан — рассеянный элемент. Валентные состояния элементов четвертой группы.

Металлические титан, цирконий, гафний. Физические и химические свойства, способы получения, очистка методом иодидного рафинирования. Применение металлических титана, циркония, гафния и сплавов на их основе.

Соединения элементов четвертой группы со степенью окисления (IV): оксиды и гидроксиды. Материалы на основе оксидов (IV). Титановые белила. Твердые растворы на основе оксида циркония (IV). Изменение кислотно-основных свойств оксидов и гидроксидов в ряду титан — гафний. Состояние четырехвалентных титана, циркония, гафния в водных растворах, влияние pH среды на равновесие гидролиза.

Полимеризация соединений титана, циркония, гафния за счет гидроксо-(оловых) и оксо-(оксоловых) мостиков. Строение титанил-иона и соответствующих производных циркония и гафния. Титанаты, цирконаты, гафнаты, полученные “сухим” способом и в водных растворах. Пьезоэлектрики на основе титанатов — цирконатов. Безводные и гидратированные соли четырехвалентных титана, циркония, гафния. Галогениды титана и его аналогов, их получение, строение, свойства, применение. Другие бинарные соединения — карбиды, нитриды, сульфиды и материалы на их основе. Пероксосоединения титана (IV).

Комплексные соединения четырехвалентных титана, циркония, гафния. Использование фтороцирконатов и фторогафнатов для разделения смесей циркония и гафния. Применение экстракции и ионообменной хроматографии для получения препаратов чистых циркония и гафния.

Сопоставление окислительно-восстановительной устойчивости соединений со степенями окисления (IV), (III), (II) в ряду титан — гафний. Получение и свойства солей титана (III), состояние ионов титана (III) в водных растворах, гидроксид титана (III).

Оксид титана (II) как пример кислородных соединений элементов четвертой группы со степенью окисления (II). Нестехиометрия оксида титана (II).

Применение соединений титана, циркония, гафния.

Целесообразность совместного рассмотрения химии тория и титана, циркония, гафния.

### **Тема № 23. Элементы 5-й группы**

Общая характеристика элементов пятой группы. Нахождение в природе. Ванадий — рассеянный элемент. Минералы ниобия и тантала (лопарит, колумбит, танталит). Валентные состояния элементов пятой группы.

Металлические ванадий, ниобий, тантал, их физические и химические свойства, получение, применение. Ванадиевые стали.

Соединения элементов пятой группы со степенью окисления (V). Оксиды ванадия, ниобия, тантала (V), получение, свойства. Ванадий (V), ниобий (V) и тантал (V) в водных растворах. Влияние pH среды на состояние ионов элементов пятой группы в водных растворах. Изополи- и гетерополисоединения ванадия. Ванадаты, ниобаты, танталаты — получение, свойства. Безводные галогениды. Пероксидные соединения ванадия (V). Комплексные соединения ванадия, ниобия, тантала. Использование фторониобатов и фторотанталатов для разделения смесей ниобия и тантала методом дробной кристаллизации. Принципы экстракционного и хроматографического разделения смесей ниобия и тантала.

Изменение устойчивости соединений с высшими и низшими степенями окисления в ряду ванадий — тантал. Получение соединений ванадия (IV), (III), (II) в водных растворах, состояние ионов; гидролиз соединений ванадия с различными степенями окисления. Сопоставление окислительно-восстановительных и кислотно-основных свойств соединений ванадия со степенями окисления (V), (IV), (III), (II).

### **Тема № 24. Элементы 6-й группы**

Общая характеристика элементов шестой группы. Минералы хрома (хромистый железняк), молибдена (молибденит), вольфрама (шеелит, вольфрамит). Валентные состояния элементов шестой группы.

Металлические хром, молибден, вольфрам. Физические и химические свойства, способы получения. Переработка хромистого железняка в дихромат и феррохром. Особенности получения металлических молибдена и вольфрама (порошковая металлургия).

Кислородные соединения хрома, молибдена, вольфрама со степенью окисления (VI). Оксид хрома (VI), получение, свойства. Кислотно-основное равновесие в водных растворах хроматов. Ди-, три- и тетрахроматы.

Оксиды молибдена и вольфрама (VI), получение, свойства. Молибденовая и вольфрамовая кислоты. Полимеризация молибденовой и вольфрамовой кислот в подкисленных растворах их солей. Изополимолибдаты, изополивольфраматы, их получение “сухим” путем и в водных растворах. Гетерополисоединения на основе молибденовой и вольфрамовой кислот, получение, строение, свойства и применение (катализаторы в органическом синтезе, ингибиторы коррозии металлов, реагенты в аналитической химии).

Соединения, содержащие хром, молибден, вольфрам в низших степенях окисления.

Производные хрома (II) — оксид, гидроксид. Получение солей хрома (II) — хлорида, сульфата, ацетата. Восстановительные свойства соединений двухвалентного хрома.

Соединения хрома (III) — оксид, гидроксид. Соли трехвалентного хрома и хромиты. Гидратная изомерия солей хрома (III). Комплексные соединения и двойные соли хрома (III).

Сопоставление кислотно-основных и окислительно-восстановительных свойств соединений хрома со степенями окисления (II), (III), (VI).

Кислородные соединения молибдена и вольфрама в низших степенях окисления — оксиды, молибденовые и вольфрамовые “сини”, вольфрамовые бронзы.

Серосодержащие соединения хрома, молибдена, вольфрама: сульфиды, оксосульфиды, тиосоли (тиомолибдаты и тиовольфраматы). Материалы на основе оксидов и халькогенидов хрома.

Галогениды хрома, молибдена, вольфрама. Изменения состава высшего галогенида в ряду хром — вольфрам. Оксогалогениды (хлористый хромил).

Пероксидные соединения хрома — надхромовая кислота, надхроматы.

Применение соединений шестой группы.

Целесообразность совместного рассмотрения химии урана и хрома, молибдена, вольфрама.

### **Тема № 25. Элементы 7-й группы**

Общая характеристика элементов седьмой группы. Минералы марганца (пирролюзит, гаусманит). Открытие рения. Синтез технеция (“экамарганца”). Валентные состояния марганца, технеция, рения.

Получение металлических марганца, технеция, рения. Свойства и применение металлического марганца и его сплавов.

Соединения, содержащие элементы седьмой группы в высших степенях окисления. Марганцовая и марганцовистая кислоты, перманганаты и манганаты — получение, свойства, применение. Окислительно-восстановительные реакции соединений марганца (VII) и (VI). Влияние на окислительно-восстановительный процесс концентрации ионов водорода в водных растворах. Пертехнетаты и перренаты, состав и свойства. Соединения марганца (V).

Соединения марганца (IV). Оксид марганца (IV), строение, свойства. Соли марганца (IV) и манганиты — получение, свойства. Окислительно-восстановительные реакции с участием марганца (IV).

Соединения, содержащие элементы седьмой группы в низших степенях окисления. Марганец (II) и (III). Оксиды, гидроксиды, их получение, свойства. Комплексные соединения марганца (II) и (III). Сопоставление их устойчивости.

Сопоставление кислотно-основных и окислительно-восстановительных свойств соединений марганца (и его аналогов) в различных степенях окисления. Применение соединений элементов седьмой группы.

### **Тема № 26. Элементы 8-й, 9-й и 10-й групп**

Целесообразность “триадного” рассмотрения свойств элементов восьмой — десятой групп. Триада железа (железо, кобальт, никель). Платиновые элементы (триады рутения и осмия).

#### Триада железа

Общая характеристика железа, кобальта, никеля. Минералы железа (магнетит, гематит, сидерит, пирит), кобальта (кобальтин), никеля (пентландит).

Получение железа восстановлением железных руд водородом или природным газом. Доменный процесс получения чугуна. “Передел” чугуна на сталь и ковкое железо. Физические и химические свойства металлического железа. Специальные и нержавеющие стали.

Совместное присутствие кобальта и никеля в рудах. Получение кобальта и никеля из сульфидных руд. Свойства и применение металлических кобальта, никеля.

Валентные состояния элементов триады железа. Изменение устойчивости соединений с низшими (II) и высшими (VI, III) степенями окисления в ряду железо — никель.

Соединения железа в различных степенях окисления. Проблема получения железа (VIII). Ферраты как производные железа (VI). Получение и свойства ферратов. Соединения железа (III). Оксиды, содержащие ионы  $Fe^{3+}$ : оксид железа (III), смешанные оксиды.  $\alpha$ - и  $\gamma$ - $Fe_2O_3$ . Соли железа (III), их гидролиз. Гидроксид железа (III). Получение и свойства ферритов, их применение. Соединения железа (II). Оксид, получение и свойства. Несте-

хиометрия низшего оксида железа. Гидроксид железа (II). Соли железа (II). Соль Мора. Карбонаты железа (II) (средний, кислый, основной).

Сопоставление кислотно-основных и окислительно-восстановительных свойств соединений железа со степенями окисления (II), (III), (VI).

Комплексные соединения железа (II) и (III) с неорганическими и органическими лигандами. Влияние комплексообразования на окислительно-восстановительные процессы в растворах, содержащих железо (II) и железо (III). Комплексные соединения железа с оксидом углерода (II) (карбонилы) и циклопентадиеном (ферроцен). Роль железа в биологических процессах (гемоглобин, питание растений).

Соединения кобальта (II) и (III). Оксиды, гидроксиды. Средние и основные соли кобальта (II). Фторид кобальта (III). Сравнение устойчивости комплексных соединений кобальта (II) и (III). Условия стабилизации кобальта (III) — в комплексных соединениях, оксидах, фторидах. Карбонилы кобальта. Применение соединений кобальта.

Соединения никеля (II). Оксид, гидроксид. Соли никеля (II). Комплексные соединения никеля (II), их строение, проявление эффекта Яна — Теллера. Карбонил никеля. Соединения никеля (III). Применение соединений никеля.

Принципы разделения смесей кобальта и никеля методами фракционного окисления, осаждения, сублимации.

### Платиновые элементы

Роль отечественных ученых в изучении химии платиновых элементов (К.К. Клаус, Л.А. Чугаев, И.И. Черняев).

Общая характеристика платиновых элементов. Самородная платина. Извлечение элементов группы платиновых металлов из руд. Физические и химические свойства металлов, их применение.

Закономерности в изменении устойчивости характерных степеней окисления в соединениях платиновых элементов. Соединения рутения и осмия в степени окисления (VIII). Соли родия (III) и иридия (III). Соединения палладия (II), платины (II) и (IV). Гексахлороплатиновая кислота и ее соли. Фториды платины. Значение комплексных соединений в химии платиновых элементов. Строение и свойства комплексов платины (IV) и (II). Инертность комплексов платины, явление изомерии, эффект транс-влияния Черняева. Применение соединений платиновых элементов в химической технологии и медицине.

### **Тема № 27. Элементы 11-й группы**

Общая характеристика элементов одиннадцатой группы. Причины нахождения в природе золота, серебра и меди в самородном состоянии. Медные руды (куприт, халькопирит, малахит), принципы переработки сульфидных медных руд и рафинирования меди. Переработка природных соединений серебра. Извлечение серебра из отходов переработки полиметаллических руд. Принципы металлургии золота. Аффинаж золота. Физические и химические свойства металлических меди, серебра, золота. Понятие о пробе. Применение меди, серебра и золота, а также их сплавов.

Соединения меди (II) и (I). Оксиды, гидроксиды. Диспропорционирование меди (I). Соли меди (II) и (I) — получение, свойства, гидролиз. Важнейшие комплексные соединения меди (II) и (I), их состав и строение. Соединения меди (III) — купраты; периодаты и теллулаты меди (III). Применение соединений меди. Медь (II, III) — составная часть материалов со свойствами ВТСП. Медь (II) — важнейший биометалл. Токсичность соединений меди.

Соединения серебра (I) — оксид, гидроксид, растворимые и нерастворимые соли. Галогенидные, аммиачные и тиосульфатные комплексные соединения серебра (I), получение, строение, устойчивость, свойства. Принципы процессов фотографирования и серебрения. Условия стабилизации серебра в степени окисления (II). Серебро (III) и (V). Диспропорционирование серебра в четных степенях окисления.

Оксиды золота (I) и (III), их гидраты. Ауранты. Соли и комплексные соединения золота, их состав, строение, свойства. Тетрахлорозолотая кислота. Причина нестабильности золота (II). Диметилзолото — пример металлоорганических соединений этого элемента. Изменение характерных степеней окисления в ряду медь — золото.

Сравнение химических свойств элементов одиннадцатой и первой групп Периодической системы.

### Тема № 28. Элементы 12-й группы

Общая характеристика элементов двенадцатой группы. Особенности строения электронных оболочек атомов цинка, кадмия, ртути.

Минералы цинка (цинковая обманка), сульфидные полиметаллические руды кадмия (гринокит), ртути (киноварь). Физические и химические свойства цинка, кадмия, ртути. Получение и применение металлических цинка, кадмия, ртути и их сплавов. Амальгамы.

Изменение типа связи в соединениях двухвалентных цинка, кадмия, ртути. Причины аномального (немонотонного) характера изменения кислотно-основных свойств оксидов, гидроксидов и солей (гидролиз) в ряду цинк (II) — ртуть (II). Амфотерность цинка (II). Комплексные соединения цинка (II), кадмия (II), ртути (II) — получение, состав, устойчивость. Амидные соединения ртути. Соединения ртути (I) — оксид, гидроксид, получение, строение, свойства. Диспропорционирование ртути (I). Соли ртути (I). Каломель. Применение соединений цинка, кадмия, ртути.

Цинксодержащие ферменты (на примере карбоангидразы, карбоксипептидазы), их биологическая роль. Токсичность соединений кадмия и ртути. Способы устранения заражения помещений металлической ртутью.

Сравнение химических свойств элементов двенадцатой и второй групп Периодической системы.

### Тема № 29. Современные проблемы неорганической химии

Неорганическая химия и создание современных функциональных материалов. Неорганический синтез при экстремальных воздействиях.

Химия твердого тела. Нестехиометрические соединения. Основные типы реакций с участием твердого тела. Зависимость дефектного состава кристаллов от условий синтеза. Влияние дефектов на свойства кристаллов и кинетику твердофазных превращений.

Современные неорганические материалы. Материалы для водородной энергетики. Перспективные неорганические строительные материалы. Наноматериалы и нанотехнология.

Бионеорганическая химия. Неорганические вещества в биологической клетке. Понятие о процессах переноса неорганических частиц (кислород, калий, натрий, кальций, железо, цинк). Кислотно-щелочное равновесие и главные буферные системы в организме человека. Каталитические процессы (связывание азота в аммиак). Сенсоры.

### Тема № 30. Основные методы исследования неорганических веществ

Неорганический синтез и химический анализ: препаративные методы изучения состава, строения и свойств веществ.

Принципы физико-химических методов исследования растворов неорганических соединений — оптическая и рентгеновская спектроскопия, криоскопия, эбулиоскопия, рН-метрия, потенциометрия, ЯМР-спектроскопия (узких линий), калориметрия. Кинетические методы исследования.

Понятие о физико-химических методах исследования твердого вещества — рентгенофазовый и рентгеноструктурный анализ, нейтронография, магнетохимия, термохимические методы, термический анализ, спектроскопия — УФ, ИК, оптическая, ЯМР широких линий. Метод радиоактивных индикаторов.

## 6. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины

### 6.1. Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Задание	Часы	Методические рекомендации по выполнению задания	Форма контроля
1	Введение	Проработка лекционного материала	2	Теоретическая подготовка, решение задач по теме.	Устный опрос, тестирование

				Оформление отчетов по лабораторным работам [1-5]	
2	Атомно-молекулярное учение. Основные химические понятия и законы	Проработка лекционного материала, решение задач	6	Теоретическая подготовка, решение задач по теме. Оформление отчетов по лабораторным работам [1-5]	Устный опрос, самостоятельная работа
3	Строение атома	Проработка лекционного материала, обзор литературы	6	Теоретическая подготовка, решение задач по теме. Оформление отчетов по лабораторным работам [1-5]	Устный опрос, тестирование
4	Периодический закон и периодическая система элементов Д.И. Менделеева	Проработка лекционного материала, обзор литературы	6	Теоретическая подготовка, решение задач по теме. Оформление отчетов по лабораторным работам [1-5]	Контрольная работа
5	Химическая связь	Проработка лекционного материала, решение задач	6	Теоретическая подготовка, решение задач по теме. Оформление отчетов по лабораторным работам [1-5]	Устный опрос
6	Межмолекулярные взаимодействия. Конденсированное состояние вещества	Проработка лекционного материала, обзор литературы	6	Теоретическая подготовка, решение задач по теме. Оформление отчетов по лабораторным работам [1-5]	Устный опрос, самостоятельная работа
7	Комплексные соединения	Проработка лекционного материала, решение задач	6	Теоретическая подготовка, решение задач по теме. Оформление отчетов по лабораторным работам [1-5]	Устный опрос, тестирование
8	Основы химической термодинамики	Проработка лекционного материала, решение задач	6	Теоретическая подготовка, решение задач по теме. Оформление отчетов по лабораторным работам [1-5]	Контрольная работа
9	Кинетика и механизм химических реакций	Проработка лекционного материала, решение задач	8	Теоретическая подготовка, решение задач по теме. Оформление отчетов по лабораторным работам [1-5]	Контрольная работа

10	Растворы. Фазовые равновесия	Проработка лекционного материала, решение задач	8	Теоретическая подготовка, решение задач по теме. Оформление отчетов по лабораторным работам [1-5]	Устный опрос, контрольная работа
11	Окислительно- восстановительны е процессы. Основы электрохимии	Проработка лекционного материала, решение задач	9,65	Теоретическая подготовка, решение задач по теме. Оформление отчетов по лабораторным работам [1-5]	Устный опрос, контрольная работа
12	Водород -первый эле-мент Периодической системы	Проработка лекционного материала, обзор литературы	2	Теоретическая подготовка, решение задач по теме. Оформление отчетов по лабораторным работам [1-5]	Устный опрос, тестирование
13	Элементы 1-й группы	Проработка лекционного материала, обзор литературы	4	Теоретическая подготовка, решение задач по теме. Оформление отчетов по лабораторным работам [1-5]	Устный опрос, тестирование
14	Элементы 2-й группы	Проработка лекционного материала, обзор литературы	4	Теоретическая подготовка, решение задач по теме. Оформление отчетов по лабораторным работам [1-5]	Устный опрос, тестирование
15	Элементы 13-й группы	Проработка лекционного материала, обзор литературы	4	Теоретическая подготовка, решение задач по теме. Оформление отчетов по лабораторным работам [1-5]	Устный опрос, тестирование
16	Элементы 14-й группы	Проработка лекционного материала, решение задач	4	Теоретическая подготовка, решение задач по теме. Оформление отчетов по лабораторным работам [1-5]	Тестирование, контрольная работа
17	Элементы 15-й группы	Проработка лекционного материала, решение задач	4	Теоретическая подготовка, решение задач по теме. Оформление отчетов по лабораторным работам [1-5]	Тестирование, контрольная работа
18	Элементы 16-й группы	Проработка лекционного материала, решение задач	4	Теоретическая подготовка, решение задач по теме. Оформление отчетов по	Тестирование, контрольная работа

				лабораторным работам [1-5]	
19	Элементы 17-й группы	Проработка лекционного материала, решение задач	6	Теоретическая подготовка, решение задач по теме. Оформление отчетов по лабораторным работам [1-5]	Тестирование, контрольная работа
20	Элементы 18-й группы	Проработка лекционного материала, решение задач	4	Теоретическая подготовка, решение задач по теме. Оформление отчетов по лабораторным работам [1-5]	Тестирование, контрольная работа
21	Элементы 3-й группы	Проработка лекционного материала, решение задач	4	Теоретическая подготовка, решение задач по теме. Оформление отчетов по лабораторным работам [1-5]	Контрольная работа
22	Элементы 4-й группы	Проработка лекционного материала, решение задач	4	Теоретическая подготовка, решение задач по теме. Оформление отчетов по лабораторным работам [1-5]	Контрольная работа
23	Элементы 5-й группы	Проработка лекционного материала, решение задач	4	Теоретическая подготовка, решение задач по теме. Оформление отчетов по лабораторным работам [1-5]	Контрольная работа
24	Элементы 6-й группы	Проработка лекционного материала, решение задач	4	Теоретическая подготовка, решение задач по теме. Оформление отчетов по лабораторным работам [1-5]	Контрольная работа
25	Элементы 7-й группы	Проработка лекционного материала, решение задач	4	Теоретическая подготовка, решение задач по теме. Оформление отчетов по лабораторным работам [1-5]	Контрольная работа
26	Элементы 8-й, 9-й и 10-й групп	Проработка лекционного материала, решение задач	4	Теоретическая подготовка, решение задач по теме. Оформление отчетов по лабораторным работам [1-5]	Контрольная работа
27	Элементы 11-й группы	Проработка лекционного	4	Теоретическая подготовка, решение	Контрольная работа

		материала, решение задач		задач по теме. Оформление отчетов по лабораторным работам [1-5]	
28	Элементы 12-й группы	Проработка лекционного материала, решение задач	2,65	Теоретическая подготовка, решение задач по теме. Оформление отчетов по лабораторным работам [1-5]	Контрольная работа
29	Современные проблемы неор- ганической хи- мии	Проработка лекционного материала, обзор литературы	1	Теоретическая подготовка, решение задач по теме. Оформление отчетов по лабораторным работам [1-5]	Контрольная работа
30	Основные мето- ды исследования неорганических веществ	Проработка лекционного материала, обзор литературы	1	Теоретическая подготовка, решение задач по теме. Оформление отчетов по лабораторным работам [1-5]	Контрольная работа
	Подготовка к экзамену		72	Теоретическая подготовка [1-5]	

## 6.2. Тематика и задания для практических занятий

### Тематика практических занятий

1. Расчеты по химическим уравнениям.
2. Составление электронных и электронно-графических формул атомов химических элементов.
3. Первые попытки классификации химических элементов (Деберейнера, Льюиса, Шанкуртуа, Ньюлендса, Мейера и др.), их несовершенство.
4. Составление энергетических диаграмм и электронных формул молекул.
5. Типы кристаллических решеток: атомная, ионная, молекулярная, металлическая.
6. Решение задач по теме: «Комплексные соединения».
7. Расчеты изменения энтальпии, энтропии и свободной энергии в ходе химических процессов.
8. Решение задач по теме: «Кинетика и механизм химических реакций».
9. Способы выражения концентрации растворов.
10. Составление окислительно-восстановительных реакций методом электронно-ионного баланса.
11. Щелочные металлы: получение и свойства щелочных металлов и их соединений.
12. Применение щелочноземельных металлов и их соединений.
13. Сплавы алюминия и их применение.
14. Аллотропные модификации углерода, их свойства и применение.
15. Сравнение химических свойств элементов пятнадцатой и пятой групп Периодической системы.
16. Основные принципы промышленных методов получения серной кислоты — контактного и нитрозного.
17. Нахождении галогенов в природе и их получение.
18. Применение инертных газов и их соединений как фторокислителей и в

радиохимии для улавливания летучих соединений осколочных элементов.

19. Получение U-233 из тория. Синтез трансурановых элементов. Принципы разделения смесей урана и плутония. Применение тория, урана и плутония Элементы 3-й группы.

20. Применение металлических титана, циркония, гафния и сплавов на их основе. Применение соединений титана, циркония, гафния.

21. Сопоставление окислительно-восстановительных и кислотно-основных свойств соединений ванадия со степенями окисления (V), (IV), (III), (II).

22. Применение соединений шестой группы.

23. Свойства и применение металлического марганца и его сплавов.

24. Решение задач по теме: «Элементы 8-й, 9-й и 10-й групп».

25. Принципы переработки сульфидных медных руд и рафинирования меди; природных соединений серебра; металлургии золота.

26. Применение соединений цинка, кадмия, ртути.

27. Современные неорганические материалы.

### Примерные практические задания

1. Из раствора, содержащего 31,7 г хлорида металла, выделили в осадок 20,6 г его гидроксида. Вычислите молярные массы эквивалентов металла, гидроксида металла. Какой это металл?

2. Массовая доля нитрата магния в растворе равна 14%. Плотность раствора 1,11 г/см<sup>3</sup>. Вычислите молярную концентрацию и титр этого раствора.

3. При обработке избытком соляной кислоты 15,5 г смеси алюминия, магния и меди выделилось 7,84 л (н.у.) газа. Не растворившийся в соляной кислоте остаток растворился в концентрированной азотной кислоте с выделением 5,6 л (н.у.) газа. Вычислите массу каждого металла в исходной смеси.

4. Смесь массой 13,8 г, состоящую из кремния, алюминия и железа, обработали при нагревании избытком гидроксида натрия, при этом выделилось 11,2 л газа (в пересчете на н.у.). При действии на такую же массу смеси избытка соляной кислоты выделяется 8,96 л (н.у.) газа. Рассчитайте массы компонентов исходной смеси.

5. Для растворения 1,26 г сплава магния с алюминием использовано 35, мл 19,6 %-ного раствора серной кислоты (плотность 1,14 г/мл). Избыток кислоты вступил в реакцию с 28,6 мл раствора гидрокарбоната калия с концентрацией 1,4 моль/л. Определите массовые доли металлов в сплаве и объем газа (при н.у.), выделившегося при растворении сплава.

### 6.3. Тематика и задания для лабораторных занятий

Лабораторные занятия проводятся по графику проведения лабораторных работ. Описание выполнения лабораторных работ из нижеуказанного перечня указано в лабораторном практикуме [основная литература, 4, дополнительная литература 1].

1. Химическая посуда, реактивы, нагревательные приборы.
2. Определение относительной молекулярной массы оксида углерода (IV).
3. Определение эквивалентной массы магния методом вытеснения.
4. Приготовление растворов кислот и определение их химических эквивалентов методом титрования щелочью.
5. Комплексные соединения.
6. Тепловые эффекты химических реакций.
7. Скорость гомогенных химических реакций.
8. Влияние катализатора на скорость химической реакции.
9. Химическое равновесие.
10. Приготовление растворов заданной концентрации.
11. Электропроводность растворов.
12. Зависимость рН растворов кислот и оснований от концентрации и температуры.

13. Сравнение силы кислот и оснований.
14. Гидролиз солей.
15. Произведение растворимости.
16. Окислительно-восстановительные реакции.
17. Электролиз растворов солей.
18. Водород.
19. Щелочные элементы и их соединения.
20. Магний, кальций, стронций, барий и их соединения.
21. Бор, алюминий и их соединения.
22. Углерод и его соединения.
23. Кремний и его соединения.
24. Олово, свинец и их соединения.
25. Азот и его соединения.
26. Фосфор и его соединения.
27. Сурьма, висмут и их соединения.
28. Кислород и его соединения.
29. Сера и ее соединения.
30. Галогены и их соединения.
31. Титан и его соединения.
32. Ванадий и его соединения.
33. Хром, молибден, вольфрам и их соединения.
34. Марганец и его соединения.
35. Железо, кобальт, никель и их соединения.
36. Медь, серебро и их соединения.
37. Цинк, кадмий, ртуть и их соединения.
38. Опыты и неорганические синтезы повышенной сложности.

## **7. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

### *а) основная:*

1. Гельфман, Марк Иосифович. Неорганическая химия : [учеб. пособие для студ.] : рекомендовано УМЦ / М. И. Гельфман, В. П. Юстратов. - Изд. 2-е, стер. - СПб. : Лань, 2009. - 527, [1] с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Библиогр.: с. 502. - Предм.-имен. указ.: с. 511-519. - ISBN 978-5-8114-0730-9 : 603.24.
2. Вольхин, Владимир Васильевич. Общая химия. Основной курс : [учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений] : допущено Минобрнауки РФ / В. В. Вольхин. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - СПб. : Лань, 2008. - 463, [1] с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Библиогр.: с. 424-425. - Предм. указ.: с. 444-464. - ISBN 978-5-8114-0829-0 : 659.12.
3. Ардашникова, Елена Иосифовна. Сборник задач по неорганической химии : [учеб. пособие для студ.] : допущено УМО / Е. И. Ардашникова, Г. Н. Мазо, М. Е. Тамм ; под ред. Ю. Д. Третьякова. - 2-е изд., стер. - М. : Академия, 2010. - 204, [4] с. - (Высшее профессиональное образование. Естественные науки). - Библиогр.: с. 206. - ISBN 978-5-7695-7066-7 : 467.50.
4. Практикум по неорганической химии : Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / В. А. Алешин [и др.]; Под ред. Ю. Д. Третьякова. - М. : Академия, 2004. - 384 с. - (Высшее профессиональное образование). - Библиогр.: с. 378. - ISBN 5-7695-1568-6 : 150.45.

### *б) дополнительная:*

1. Практикум по общей химии. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов : учеб. пособие для вузов / В. А. Попков [и др.] ; под ред. В. А. Попкова, А. В. Бабкова. - 4-е изд. - М. : Юрайт, 2012. - 238, [2] с. - (Серия "Бакалавр"). - ISBN 978-5-9916-1666-9 : 257.76.

2. Окислительно-восстановительные процессы : Практикум для самостоятельной работы студентов по дисциплине "Неорганическая химия" / ГОУ ВПО Костром. гос. ун-т; Сост.: В. И. Парфенюк, О. П. Акаев. - Кострома : КГУ, 2005. - 20 с. - Библиогр.: с. 19.
3. Хаханина, Татьяна Ивановна. Неорганическая химия : учеб. пособие / Т. И. Хаханина, Н. Г. Никитина, В. И. Гребенькова. - М. : Юрайт : ИД Юрайт, 2010. - 287, [1] с. - (Основы наук). - Библиогр.: с. 288. - ISBN 978-5-9916-0578-6. - ISBN 978-5-9692-0852-0 : 296.64.
4. Неорганическая химия : Учеб. для студ. высш. учеб. заведений: В 3 т. Т. 1 / Авт.-сост.: М. Е. Тамм, Ю. Д. Третьяков; Под ред. Ю. Д. Третьякова. - М. : Академия, 2004. - 240 с. - (Высшее профессиональное образование). - Библиогр.: с. 232. - ISBN 5-7695-1446-9 : 150.45.
5. Неорганическая химия : в 3 т. : [учеб. для студ. высш. учеб. заведений]. Т. 2 : Химия непереходных элементов / А. А. Дроздов [и др.] ; под ред. Ю. Д. Третьякова. - 2-е изд., перераб. - М. : Академия, 2011. - 365, [2] с. : ил. - (Высшее профессиональное образование. Естественные науки). - ISBN 978-5-7695-6153-5 : 293.70.
6. Неорганическая химия : в 3 т. : [учеб. для студ. высш. учеб. заведений]. Т. 3, кн. 1 : Химия переходных элементов / А. А. Дроздов [и др.] ; под ред. Ю. Д. Третьякова. - 2-е изд., испр. - М. : Академия, 2008. - 348, [2] с. : ил. - (Высшее профессиональное образование. Естественные науки). - ISBN 978-5-7695-5622-7 : 275.88.
7. Неорганическая химия : в 3 т. : [учеб. для студ. высш. учеб. заведений]. Т. 3, кн. 2 : Химия переходных элементов / А. А. Дроздов [и др.] ; под ред. Ю. Д. Третьякова. - 2-е изд., испр. - М. : Академия, 2008. - 399, [1] с. : ил. - (Высшее профессиональное образование. Естественные науки). - Библиогр.: с. 391-398. - ISBN 978-5-7695-5624-1 : 297.00.
8. Угай, Я. А. Общая и неорганическая химия : Учеб. для студ. высш. учеб. заведений / Я. А. Угай. - 2-е изд., испр. - М. : Высш. шк., 2000. - 527 с. : ил. - Библиогр.: с. 519. - ISBN 5-06-003751-7 : 64.00.

## **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

Электронно-библиотечные системы:

- ЭБС Университетская библиотека онлайн, путь доступа <http://biblioclub.ru>;
- ЭБС «Znanium», путь доступа <http://znanium.com/>.

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

- Web of Science, путь доступа: <http://webofscience.com>;
- Scopus, путь доступа: <https://www.scopus.com>;
- РИНЦ, путь доступа: <https://elibrary.ru>;
- СПС КонсультантПлюс;
- ФГБУ «Президентская библиотека имени Б.Н. Ельцина»;
- Аннотированная библиографическая база данных журнальных статей МАРС.

## **9. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
Аудитория для занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консульта-	Специализированная мебель; мультимедийный проектор; рабочее место преподавателя, оснащенное компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в	Windows XP по лицензии OEM Software (поставщик ООО «Системный интегратор», договор № 22 ГК от 16.12.2016 г.);

ций, текущего контроля и промежуточной аттестации	электронную информационно-образовательную среду КГУ; экран переносной; доска меловая; учебно-наглядные пособия, обеспечивающие наглядные иллюстрации; наборы демонстрационного оборудования	Свободно распространяемое программное обеспечение: LibreOffice (тип лицензии - GNU LGPL v3+)
Аудитория для занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Специализированная мебель; рабочее место преподавателя; мультимедийный проектор; экран; ноутбук; доска меловая; учебно-наглядные пособия, обеспечивающие наглядные иллюстрации; наборы демонстрационного оборудования	Windows Pro 8.1 (поставщик ООО Софт-лайт Проекты, договор №50155/ЯР4393 от 12.12.2014 г.); Свободно распространяемое программное обеспечение: LibreOffice (тип лицензии - GNU LGPL v3+)
Аудитория для занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Специализированная мебель; рабочее место преподавателя; доска меловая	Специальное лицензионное программное обеспечение не используется
Лаборатория (лаборатория неорганической химии), помещение для хранения и обслуживания учебного оборудования	Специализированная мебель; рабочее место преподавателя; доска меловая Лабораторное оборудование: сушильный шкаф; электрошкаф сушильный СНОЛ; весы лабораторные электронные ADAM-HCB 602H; весы аналитические CY-224C; набор ареометров; печь муфельная; центрифуга лабораторная; вытяжные шкафы; плитки электрические; химическая лабораторная посуда и реактивы; учебно-наглядные пособия	Специальное лицензионное программное обеспечение не используется
Помещение для самостоятельной работы обучающихся	Специализированная мебель; рабочие места, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КГУ; демонстрационная LCD-панель; принтеры, в т.ч. большеформатный и цветной; сканеры (форматы А2 и А4); web-камеры; микрофоны	Windows XP по лицензии OEM Software (поставщик ООО «Системный интегратор», договор № 22 ГК от 16.12.2016 г.); АИБС «Марк-SQL» (поставщик НПО «Информ-система», договор № 260420060420 от 26.04.2006 г.); LibreOffice (тип лицензии - GNU LGPL v3+); Google Chrome (тип лицензии – BSD); Adobe Reader Acrobat BC (тип лицензии – free)
Помещение для самостоятельной работы обучающихся	Специализированная мебель; рабочие места, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КГУ; доска меловая	Windows Pro 8.1 (поставщик ООО Софт-лайт Проекты, договор №50155/ЯР4393 от 12.12.2014 г.); LibreOffice (тип лицензии - GNU LGPL v3+); Google Chrome (тип лицензии – BSD); Adobe Reader Acrobat BC (тип лицензии – free)

### **Лист актуализации рабочей программы дисциплины**

В рабочую программу дисциплины внесены следующие изменения:

1. Обновлен перечень лицензионного программного обеспечения;
2. Обновлен перечень материально-технического обеспечения;
3. Обновлен перечень основной и дополнительной литературы.