

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина»

Институт естествознания

УТВЕРЖДАЮ

Директор института естествознания

Скрипникова Е.В.

«5» октября 2023 года



**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ**  
**по направлению подготовки магистров 04.04.01 «Химия»**  
**магистерская программа: «Фундаментальная и прикладная химия»**

Тамбов, 2023

Программа вступительных испытаний по направлению подготовки магистров 04.04.01 «Химия» разработана профессорско-преподавательским составом кафедры химии и утверждена на заседании Ученого совета Института естествознания Тамбовского государственного университета имени Г.Р. Державина. Протокол № 2 от «5» октября 2023 г.

## 1. ЦЕЛЬ, ЗАДАЧИ И ФОРМЫ ПРОВЕДЕНИЯ ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ

**Цель:** отобрать наиболее подготовленных, целеустремленных, самостоятельно мыслящих, увлекающихся научными исследованиями кандидатов.

**Задачи:**

1. Выяснить знание общих законов химии, химической термодинамики.
2. Выяснить знание свойств растворов электролитов.
3. Выяснить знание методов безопасного обращения с химическими материалами.
4. выяснить владение навыками работы на современной учебно-научной аппаратуре при проведении химических экспериментов.
5. выяснить наиболее интересующую тематику научного исследования.

Вступительные испытания при приеме для обучения по программам магистратуры проводятся в форме письменного экзамена (тестирования).

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К ЗНАНИЯМ И УМЕНИЯМ АБИТУРИЕНТОВ

Абитуриент должен обладать следующими профессиональными компетенциями:

способностью выполнять стандартные операции по предлагаемым методикам

владением базовыми навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований;

владением системой фундаментальных химических понятий;

способностью применять основные естественнонаучные законы и закономерности развития химической науки при анализе полученных результатов;

способностью получать и обрабатывать результаты научных экспериментов с помощью современных компьютерных технологий;

владением навыками представления полученных результатов в виде кратких отчетов и презентаций;

владением методами безопасного обращения с химическими материалами с учетом их физических и химических свойств.

**знания**

- основных химических явлений и основные законы химии; границ их применимости, применение законов в важнейших практических приложениях;
- основных физических величин, используемых в химии, знать их определение, смысл, способы и единицы их измерения;
- фундаментальные химические опыты и их роль в развитии науки;
- назначение и принципы действия важнейших химических методов исследования вещества;
- методы открытия, выделения и синтеза новых химических элементов;

**умения**

- оценивать современные научные открытия и технические достижения в области химии с научной точки зрения;
- указать, какие законы описывают данное явление или эффект;
- истолковывать смысл химических величин и понятий;
- работать с приборами и оборудованием современной химической лаборатории;

- использовать различные методики измерений и обработки экспериментальных данных;
- использовать методы адекватного компьютерного и математического моделирования, а также применять методы математического анализа к решению конкретных естественнонаучных и технических проблем, связанных с химией;
- пользоваться современной литературой, в том числе электронной;
- вести поиск необходимой информации с использованием современных электронных средств;

### 3. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ (АННОТАЦИЯ ТЕМ)

#### **Тема 1. Основные химические понятия и стехиометрические законы**

Основные понятия химии. Атом. Молекула. Химический элемент. Изотопный состав химических элементов. Простое и сложное вещество. Химический эквивалент. Основные типы структур неорганических соединений. Основные стехиометрические законы. Нестехиометрические соединения.

#### **Тема 2. Строение атома. Периодический закон.**

Состав ядра атома. Изотопы и изобары. Радиоактивные элементы и их распад. Искусственная радиоактивность. Понятие о ядерных реакциях. Энергия атомного ядра и ее использование. Понятие о радиационно-химических реакциях. Особенности химии радиоактивных элементов. Реакции с участием меченых атомов.

История развития представлений о строении атома. Теория Бора.

Волновая теория строения атома. Двойственная природа электрона. Принцип неопределенности.

Понятие об электронном облаке. Электронная плотность. Радиальное распределение электронной плотности около ядра атома водорода в основном и возбужденном состояниях. Понятие о радиусе атома. Квантовые числа как характеристики состояния электрона в атоме. s-, p-, d-, f-электроны. Понятия: энергетический уровень, подуровень, электронный слой, электронная оболочка, атомная орбиталь (АО). Принцип Паули и емкость электронных оболочек. Правило Хунда и порядок заполнения атомных орбиталей. Строение электронных оболочек атомов элементов.

Понятие об эффективном заряде ядра атома. Экранирование заряда электронами.

Периодический закон. Периодическая система. Особенности заполнения электронами атомных орбиталей и формирование периодов. s-, p-, d-, f-элементы и их расположение в периодической системе. Группы. Периоды. Главные и побочные подгруппы. Границы периодической системы. Различные формы таблиц периодической системы.

Периодичность свойств атомов. Радиусы атомов и ионов. Ионизационные потенциалы. Сродство к электрону. Понятие об электроотрицательности элементов. Периодичность химических свойств элементов, простых веществ и химических соединений.

#### **Тема 3. Химическая связь. Межмолекулярное взаимодействие.**

Основные особенности химического взаимодействия и механизм образования химической связи. Насыщаемость и направленность химической связи. Квантовомеханическая трактовка механизма образования связи в молекуле водорода.

Основные типы химической связи: ковалентная, ионная, металлическая. Основные положения теории валентных связей (ВС). Особенности образования связей по донорно-акцепторному механизму. Многоцентровая связь.

Валентность химических элементов. Координационное число химически связанного атома как характеристика, дополняющая валентность. Одиночные и кратные связи.  $\sigma$ - и  $\pi$ -связи - разновидности ковалентных и полярных связей. Количественные характеристики химических связей (порядок, энергия, длина, валентный угол, степень ионности).

Эффективные заряды химически связанных атомов и степень ионности связи. Дипольный момент связи. Концепция гибридизации атомных орбиталей и пространственное строение молекул и ионов. Влияние отталкивания электронных пар на пространственную конфигурацию молекул.

Локализованные и делокализованные связи. Делокализация  $\pi$ -электронной плотности в молекуле бензола, графите, ионах кислородсодержащих неорганических кислот.

Теория молекулярных орбиталей (МО). Основные положения теории МО. Энергетическая диаграмма. Связывающие и разрыхляющие МО. Энергетические диаграммы МО двухатомных молекул элементов 2-го периода.  $\sigma$ - и  $\pi$ -МО. Относительная устойчивость двухатомных молекул и соответствующих ионов. Сравнение теорий ВС и МО.

Силы Ван-дер-Ваальса. Ориентационное, индукционное и дисперсионное взаимодействия. Водородная связь.

Кристаллическое состояние вещества. Факторы, определяющие температуру плавления ионных, атомных и молекулярных кристаллов.

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. Общие особенности физических свойств молекулярных кристаллов в сравнении с ионными и атомными кристаллами.

#### **Тема 4. Энергетика химических реакций. Скорость реакций. Химическое равновесие.**

Химическая система. Внутренняя энергия системы. Изменение внутренней энергии в ходе химических превращений.

Понятие об энтальпии. Соотношение энтальпии и внутренней энергии системы. Изменение энтальпии в ходе химического превращения веществ. Закон Гесса. Влияние температуры на величину изменения энтальпии реакции.

Понятие об энтропии. Стандартная энтропия вещества. Влияние температуры на величину энтропии. Изменение энтропии системы при фазовых превращениях и при протекании химических реакций. Изменение энтропии и направление протекания реакции.

Понятие об энергии Гиббса. Соотношение изменения энергии Гиббса и изменений энтальпии и энтропии системы. Стандартная энергия Гиббса образования вещества. Изменение энергии Гиббса химической реакции. Соотношение величин изменения энергии Гиббса и константы равновесия.

Гомогенные и гетерогенные реакции. Понятие о скорости химической реакции. Закон действия масс. Факторы, определяющие скорость химической реакции. Константа скорости химической реакции.

Многостадийные реакции. Порядок и молекулярность реакций. Многостадийные процессы и закон действия масс.

Влияние температуры на скорость химической реакции. Уравнение Аррениуса.

Влияние катализаторов на скорость химической реакции. Гомогенные и гетерогенные каталитические реакции.

Цепные химические реакции. Обратимые и необратимые химические реакции. Химическое равновесие. Константа химического равновесия. Сдвиг химического равновесия. Принцип Ле Шателье.

#### **Тема 5. Растворы. Теория электролитической диссоциации.**

Дисперсные системы. Истинные растворы. Твердые растворы. Грубодисперсные системы. Суспензии. Эмульсии. Коллоидные растворы.

Растворение как физико-химический процесс. Изменение энтальпии и энтропии при растворении веществ. Сольватация. Сольваты. Особые свойства воды как растворителя. Гидраты. Кристаллогидраты.

Растворимость веществ. Растворение твердых, жидких и газообразных веществ. Влияние температуры, давления и природы веществ на их взаимную растворимость.

Способы выражения состава растворов: массовая доля, молярность, нормальность, моляльность, молярная доля.

Электролитическая диссоциация. Механизм диссоциации. Гидратация ионов в растворе. Основания и кислоты с точки зрения теории электролитической диссоциации. Ион гидроксония. Амфотерные гидроксиды. Сильные и слабые электролиты. Степень диссоциации электролитов. Факторы, определяющие степень диссоциации. Основные представления теории сильных электролитов. Истинная и кажущаяся степени диссоциации в растворах сильных электролитов. Концентрация ионов в растворе и активность. Равновесие в растворах слабых электролитов. Константа диссоциации. Факторы, влияющие на величину константы диссоциации. Связь константы диссоциации со степенью диссоциации. Закон разбавления. Теория кислот и оснований Бренстеда. Ее основные положения.

Диссоциация комплексных ионов в растворе. Константа нестойкости. Диссоциация воды. Ионное произведение. Водородный показатель.

### **Тема 6. Окислительно-восстановительные процессы. Электролиз.**

Окислительно-восстановительные реакции. Типы окислительно-восстановительных реакций. Составление уравнений окислительно-восстановительных реакций. Подбор коэффициентов: метод электронного баланса, ионно-электронный метод.

Окислительно-восстановительные системы. Изображение окислительно-восстановительных (редокс-) систем методом полуреакций. Окислительно-восстановительный (редокс-) потенциал как количественная характеристика редокс-системы. Стандартные редокс-потенциалы и способы их определения. Водородный электрод. Электрохимический ряд напряжений металлов. ЭДС гальванического элемента. Химические источники электрического тока. Электрохимическая коррозия металлов. Зависимость величины редокс-потенциала системы от концентрации ионов, температуры, рН, комплексообразования в растворе.

Окислительно-восстановительные свойства воды. Устойчивость окислительно-восстановительных систем в водных растворах.

Редокс-потенциалы и оценка направления и полноты протекания окислительно-восстановительных реакций. Зависимость между величинами редокс-потенциалов систем и изменением энергии Гиббса. Подбор окислителей и восстановителей с учетом стандартных редокс-потенциалов.

Окислительно-восстановительные процессы с участием электрического тока. Электрический ток как сильнейший окисляющий и восстанавливающий агент. Инертные и активные электроды. Схемы процессов на электродах при электролизе расплавов и водных растворов.

### **Тема 7. Комплексные соединения**

Координационная ненасыщенность атомов и возможность образования комплексных (координационных) соединений. Состав комплексных соединений. Внешняя и внутренняя координационные сферы. Катионные, анионные и нейтральные комплексы. Номенклатура комплексных соединений.

Типичные комплексообразователи. Факторы, определяющие способность атомов и ионов выступать в качестве комплексообразователя. Координационное число комплексообразователя. Изменение координационных чисел атомов элементов по группам периодической системы. Положение элементов - типичных комплексообразователей в периодической системе.

Типичные лиганды. Факторы, определяющие способность молекул и ионов выступать в качестве лигандов. Моно- и полидентатные лиганды.

Химическая связь в комплексных соединениях и особенности их строения. Пространственная конфигурация комплексных ионов. Гибридизация атомных орбиталей комплексообразователя и пространственная конфигурация комплексного иона.

### **Тема 8. Водород. Общая характеристика p-элементов. Химия неметаллов.**

Общая характеристика водорода. Положение водорода в периодической системе. Строение атома. Физические и химические свойства водорода. Водород как восстановитель. Восстановительная способность атомного и молекулярного водорода. Взаимодействие водорода с металлами и неметаллами. Формы нахождения водорода в природе. Способы получения свободного водорода. Применение водорода. Водород как перспективное горючее.

Гидриды. Типы гидридов: ионные, ковалентные, полимерные, нестехиометрические. Вода, распространенность воды на Земле, значение воды в различных процессах живой и неживой природы. Строение молекулы воды (тип гибридизации атома кислорода, угол связи Н - О - Н, энергия связи Н-О). Явление ассоциации молекул воды и физические свойства воды. Тяжелая вода. Химические свойства воды:

а) окислительно-восстановительные (взаимодействие воды с металлами, углеродом, гидридами металлов, метаном; взаимодействие с фтором, хлором, бромом; оксидами);  
б) кислотно-основные;  
в) реакции гидратации оксидов, органических соединений;  
г) реакции гидролиза. Вода как растворитель. Жесткость воды и способы ее устранения. Значение воды в промышленности, сельском хозяйстве, быту, природе. Охрана водоемов от загрязнений, Значение воды для биологических систем и жизнедеятельности организма.

Гелий и p-элементы восьмой группы. Положение в периодической системе. Строение атомов. Изменение атомных радиусов, ионизационных потенциалов, сродства к электрону и электроотрицательности по периодам и группам. Валентность и степени окисления атомов. Изменение устойчивости соединений в высшей степени окисления по группам. Характер химических связей в соединениях. Склонность к образованию катионных и анионных форм, комплексообразованию. Особенности свойств p-элементов второго и пятого периодов. Изменение металлического и неметаллического характера элементов по группам, периодам. Изменение кислотно-основных свойств оксидов и гидроксидов по группам, периодам.

Общая характеристика элементов 8A-подгруппы. Строение атомов. Возможные валентность и степени окисления атомов. Изменение по группе атомных радиусов и ионизационных потенциалов. Причины химической инертности.

Физические свойства. Характер межмолекулярного взаимодействия. Изменение температур плавления и кипения в ряду гелий - радон.

Химические соединения. Фториды ксенона и криптона. Принципы их получения. Гидролиз фторидов. Кислородсодержащие соединения ксенона.

Клатратные соединения аргона и его аналогов.

### **Тема 9. Общий обзор металлов. Общая характеристика s-элементов. p-Элементы 3 группы. s-Элементы 1-2 групп.**

Металлы, их положение в Периодической системе элементов, общие характерные свойства. Особенности строения электронной оболочки атомов металлов: малое число электронов и легкость отдачи электронов атомами металлов. Металлическая связь. Физические свойства металлов. Общие химические свойства металлов: высокая восстановительная способность, отношение металлов к воде, щелочам, кислотам, оксидам и солям. Общие способы получения металлов: пирометаллургия, гидрометаллургия,

электрометаллургия. Сплавы, их свойства, использование сплавов в народном хозяйстве. Биологическая роль металлов. Электрохимический ряд напряжения металлов.

Щелочные металлы, их общая характеристика на основании положения в Периодической системе элементов: электронная формула валентного уровня, изменение величин радиусов атомов, энергий ионизации, сродства к электрону, электроотрицательности, восстановительной способности элементов в зависимости от величин зарядов ядер их атомов. Распространенность в природе соединений щелочных металлов. Медико-биологическое значение щелочных металлов, применение в медицине их соединений. Антимикробное действие раствора хлорида натрия. Физические свойства. Химические свойства щелочных металлов.

Щелочноземельные металлы, их общая характеристика, электронная формула, изменение величин радиусов атомов, энергий ионизации, сродства к электрону, электроотрицательности, изменение восстановительной способности щелочноземельных металлов в группе с ростом заряда ядер их атомов. Распространение в природе соединений щелочноземельных металлов. Медико-биологическое значение щелочноземельных металлов и их соединений, использование соединений в медицине. Биологическая роль кальция, содержание кальция в организме (зубы, кости, кровь, клетки). Физические свойства щелочноземельных металлов. Химические свойства.

Общая характеристика р-элементов III группы Периодической системы элементов. Строение валентного уровня, возможные степени окисления. Изменение радиусов атомов, величин энергий ионизации, сродства к электрону, электроотрицательности, усиление восстановительной способности и металлических свойств элементов с ростом заряда ядра атома. Общая характеристика свойств оксидов и гидроксидов, кислотно-основных свойств. Распространенность в природе соединений р-элементов III группы, их медико-биологическое значение, использование в медицине.

Алюминий, его электронная формула, характерная степень окисления. Алюминий в природе. Физические свойства алюминия. Его химические свойства: а) взаимодействие с простыми веществами; б) взаимодействие со сложными веществами (водой, кислотами, растворами щелочей, отношение к действию кислот-окислителей). Аллюминотермия. Применение алюминия и его сплавов.

Оксид алюминия, нахождение его в природе. Способы получения: окисление алюминия, термическое разложение гидроксида алюминия. Амфотерность оксида алюминия: взаимодействие его с растворами кислот и щелочей, сплавление с твердыми щелочами.

Гидроксид алюминия, его получение, физические свойства. Химические свойства гидроксида алюминия: взаимодействие с растворами кислот и щелочей, реакция сплавления с твердыми щелочами, термическое разложение.

#### **Тема 10. Общая характеристика d-элементов. Железо.**

Строение атомов d-элементов. Изменение атомных радиусов, ионизационных потенциалов, валентность и степени окисления по группам и периодам. Сходство химических свойств элементов по периодам и по группам. Особенности свойств d-элементов III группы. Склонность к образованию катионных и анионных форм, комплексообразованию, образованию соединений со связями Э-О-Э, кластерных соединений.

Физические свойства d-элементов. Химическая активность и ее изменение по группам, периодам. Кислотно-основные свойства оксидов и гидроксидов d-элементов. Полимерные гидроксиды. Изополи- и гетерополисоединения. Комплексные соединения d-элементов. Многоядерные комплексы. Мостиковые группы в многоядерных комплексах. Карбонильные комплексы. π-комплексы. Хелатные комплексы. Кластерные соединения. Железо. Нахождение в природе. Физические и химические свойства. Оксиды, гидроксиды и соли железа. Технические способы получения железа и его сплавов. Легирование сталей. Использование их в народном хозяйстве.



Железо, его электронная формула, возможные степени окисления. Электронные формулы ионов  $Fe^{2+}$  и  $Fe^{3+}$ . Распространенность железа в природе. Медико-биологическое значение железа и его соединений, использование соединений железа в медицине. Получение железа. Химические реакции, лежащие в основе получения чугуна и стали. Роль железа и его сплавов в технике. Физические свойства железа. Его химические свойства: а) взаимодействие с простыми веществами: водородом, галогенами, кислородом, серой, фосфором, углеродом и металлами; б) взаимодействие со сложными веществами: водой, кислотами - неокислителями, отношение к кислотам - окислителям (азотной и концентрированной серной), отношение к щелочам. Восстановительные свойства железа (II) и окислительные свойства соединений железа (III): реакции с сероводородом, медью и железом, оксидом серы (IV), йодидом калия. Качественные реакции на ионы  $Fe^{2+}$  и  $Fe^{3+}$  с гексацианоферратом (III) и с гексацианоферратом (II) калия соответственно, а также с роданидом аммония на  $Fe^{3+}$ .

Оксид железа (II), его физические свойства. Химические свойства: взаимодействие с кислотами (основной характер оксида), кислородом, углеродом. Получение оксида железа (II).

Гидроксид железа (II), его химические свойства: взаимодействие с кислотами, кислородом, разложение при нагревании. Способы получения.

Оксид железа (III), его получение и физические свойства. Химические свойства: взаимодействие с кислотами и твердыми щелочами при нагревании (амфотерность), с оксидом углерода (II), восстановление водородом и алюминием.

Гидроксид железа (III), его получение и физические свойства. Химические свойства: взаимодействие с растворами кислот и щелочей (амфотерность), термическое разложение.

## **Тема 11. Общая характеристика свойств элементов главной подгруппы VI группы. Кислород. Озон.**

p-элементы VI группы периодической системы, их общая электронная формула, возможные степени окисления. Изменение радиусов атомов элементов, величин их энергий ионизации и сродства к электрону, электроотрицательности в зависимости от увеличения заряда ядра атома. Изменение окислительно-восстановительных свойств элементов при переходе от кислорода к полонию, причины этого явления. Нахождение в природе p-элементов VI группы Периодической системы.

Кислород, строение атома, электронная формула, возможные степени окисления, аллотропия кислорода. Изотопы кислорода. Распространенность в природе, медико-биологическое значение. Молекулярный кислород (дискислород), его получение: а) промышленное: ректификация (перегонка) жидкого воздуха, основанная на различии в температурах кипения азота ( $-196^{\circ}C$ ) и дискислорода ( $-183^{\circ}C$ ), электролиз воды; б) лабораторные: термическое разложение хлората калия, перманганата калия, нитратов калия и натрия, пероксида бария, оксида ртути, каталитическое разложение пероксида водорода, электролиз щелочных или сульфатных растворов с платиновым анодом, взаимодействие пероксидов щелочных металлов с оксидом углерода (IV) - регенерация воздуха в изолированных помещениях. Химические свойства дискислорода. взаимодействие с простыми веществами - водородом, серой, азотом, фосфором, углеродом, кремнием, металлами. Особенности взаимодействия кислорода со щелочными металлами: литием, натрием, калием. Отношение кислорода к галогенам и благородным металлам (серебро, золото, платина и т.п.). Взаимодействие кислорода со сложными веществами: окисление аммиака, сероводорода, сульфидов металлов, окисление органических веществ (регулируемое и нерегулируемое). Использование кислорода в медицине и в промышленности.

Озон (трикислород), его физические свойства. Получение озона и его химические свойства: окисление серебра, окисление сульфида свинца и йодида калия в водном растворе. Озоновый пояс Земли.

## **Тема 12. Сера и ее соединения. Серная кислота.**

Сера, строение атома, электронная формула, распределение электронов на внешнем уровне в стационарном состоянии атома и в возбужденном. Возможные степени окисления. Распространенность серы в природе, ее медико-биологическое значение. Получение серы: неполным окислением сероводорода, подкислением раствора тиосульфата натрия. Физические свойства серы. Химические свойства серы: а) взаимодействие с простыми веществами: водородом, галогенами, кислородом, фосфором, углеродом, металлами; в) взаимодействие со сложными веществами: концентрированной серной кислотой, с азотной кислотой, холодными и горячими растворами щелочей и с водой при кипячении, с органическими веществами (вулканизация каучука).

Сероводород. Физические свойства. Степень окисления серы в сероводороде и проявление им свойств восстановителя. Химические свойства сероводорода.

Получение сероводорода и образование его в природе. Токсичность сероводорода,

Оксид серы (IV), сернистая кислота. Физические свойства. Химические свойства. Получение.

Оксид серы (VI), его графическая формула, физические свойства. Химические свойства. Получение. Промышленное применение.

Серная кислота, ее графическая формула, характер химических связей. Физические свойства. Химические свойства. Промышленное получение серной кислоты. Применение серной кислоты и ее солей. Олеум и двусерная кислота.

## **Тема 13. p - элементы V группы. Азот и его соединения. Азотная кислота.**

p - элементы V группы Периодической системы, их общая электронная формула, характер изменения радиуса атома, величин энергий ионизации, сродства к электрону, электроотрицательности, окислительно-восстановительных свойств в зависимости от заряда ядер их атомов. Возможные степени окисления. Общие формулы характерных оксидов, кислотный характер высшего оксида. Водородные соединения p - элементов V группы, их восстановительные свойства. Распространенность элементов в природе.

Азот, строение атома, распределение электронов на внешнем электронном уровне. Возможные степени окисления. Максимальная валентность азота (образование четвертой связи за счет не поделенной электронной пары по донорно-акцепторному механизму). Молекулярный азот как простое вещество, состав и строение его молекулы, ее высокая химическая устойчивость за счет образования тройной связи между атомами. Физические свойства азота. Получение молекулярного азота: из жидкого воздуха; при горении аммиака на воздухе; восстановлением оксидов тяжелых металлов аммиаком; термическим разложением дихромата аммония и нитрита аммония; взаимодействием магния с разбавленной азотной кислотой. Химические свойства молекулярного азота: взаимодействие с простыми веществами: металлами, водородом (окислительные свойства); кислородом, серой, галогенами, фосфором (восстановительные свойства). Нитриды металлов, их свойства.

Оксиды азота:  $N_2O$ ,  $NO$ ,  $N_2O_3$ ,  $NO_2$ ; и  $N_2O_5$ ; их получение и важнейшие свойства. Использование оксида азота (I) в медицине. Свойства азотистой кислоты. Нитриты и их свойства.

Аммиак, состав и строение молекулы (характер химических связей N - H, энергия связи). Получение аммиака; условия смещения равновесия, реакции синтеза аммиака. Физические свойства аммиака. Химические свойства: а) основные свойства (взаимодействие с водой, кислотами; б) восстановительные (взаимодействие с оксидами металлов, кислородом, бромом, пероксидом водорода), в) комплексообразующие (взаимодействие с солями некоторых металлов). Аммиачная вода, ее свойства. Соли аммония, их получение, термическое разложение солей аммония (полное, частичное). Качественная реакция на ион аммония.

Азотная кислота, ее графическая формула, электронное строение молекулы. Физические свойства. Получение азотной кислоты (промышленное и лабораторное). Химические свойства: разложение на свету, характерные свойства кислот, активность по отношению к металлам, неметаллам, сложным неорганическим и органическим веществам. Термическое разложение нитратов, их окислительные свойства в растворах и в твердом состоянии. Растворимость нитратов. Применение нитратов. Азотные удобрения, роль азота в развитии живых организмов. Круговорот азота в природе.

#### **Тема 14. Коррозия металлов.**

Коррозия металлов. Химическая и электрохимическая коррозия. Механизм коррозии. Факторы, определяющие интенсивность коррозии. Методы защиты металлов от коррозии. Электрохимические методы защиты. Ингибиторы коррозии.

#### **Тема 15. Буферные растворы.**

Определение буферных растворов. Примеры буферных растворов (ацетатный, аммонийный, фосфатный, формиатный буферные растворы). Поведение ацетатного и фосфатного буферного раствора при введении сильной кислоты. Поведение ацетатного и фосфатного буферного раствора при введении сильного основания. Вывод выражения для вычисления рН буферных растворов. Определение буферной емкости буферного раствора. Условие достижения максимальной буферной емкости.

#### **Тема 16. Гидролиз солей.**

Гидролиз солей. Степень гидролиза. Константа гидролиза. Влияние концентрации раствора, температуры, рН среды на степень гидролиза. Гидролиз кислых солей. Гидролиз труднорастворимых солей. Совместный гидролиз солей.

#### **Тема 17. Гетерогенные системы.**

Гетерогенные системы. Фазовое равновесие. Произведение растворимости. Вывод выражения для расчета произведения растворимости малорастворимого вещества. Растворимость. Вывод выражения для расчета растворимости малорастворимого вещества. Дробное осаждение. Взаимное превращение осадков.

#### **Тема 18. Адсорбционные равновесия.**

Явления адсорбции. Адсорбент. Адсорбат. Виды адсорбции. Факторы, влияющие на адсорбцию. Мономолекулярная и полимолекулярная адсорбция. Изотерма адсорбции Ленгмюра. Ионно-обменная адсорбция. Избирательная адсорбция.

#### **Тема 19. Коллоидные и дисперсные системы**

Дисперсность и дисперсные системы. Классификация дисперсных систем. Суспензии и эмульсии. Классификация коллоидных систем. Гели и золи. Мицеллы, их образование и строение. Критическая концентрация мицеллообразования. Оптические и электрические свойства коллоидных систем. Методы получения и разрушения коллоидных систем. Коллоидные системы в природе.

#### **Тема 20. Термодинамика молекулярных растворов.**

Свойства разбавленных растворов. Явление осмоса. Осмотическое давление. Закон Вант-Гоффа. Давление насыщенного пара над раствором. Температура кипения и замерзания растворов. Закон Рауля. Криоскопические и эбуллиоскопические константы. Определение относительных молекулярных масс веществ в растворах.

#### **Тема 21. Основные понятия органической химии. Теория химического строения.**

Источники органического сырья. Методы выделения, очистки и идентификации органических соединений. Качественный элементный анализ (открытие углерода, водорода, азота, серы, галогенов). Принципы количественного элементного анализа, установление молекулярной формулы соединения. Формирование и основные положения теории строения органических соединений (теория радикалов, теория типов, теория А.М.Бутлерова). Классификация органических соединений.

**Тема 22. Электронные представления в органической химии. Взаимное влияние атомов в молекуле. Химическая связь как проявление единого взаимодействия в молекуле.**

Характеристичность и аддитивность свойств атомов и связей. Взаимное влияние атомов в молекуле. Химическая связь как проявление единого взаимодействия в молекуле. Направленность связи. Приближенные математические методы описания электронного строения молекул: метод молекулярных орбиталей (МО ЛКАО), метод валентных связей (ВС) и теория резонанса. Способы описания молекулярных орбиталей;  $\sigma$  и  $\pi$  связи, банановые связи; локализованные и делокализованные МО. Две группы характеристик электронного строения: энергетические и связанные с распределением электронной плотности. Энергетические характеристики: полная энергия образования молекулы, потенциальная поверхность молекулы, энергия связи, потенциал ионизации, сродство к электрону, энергия граничных МО. Характеристики, связанные с распределением электронной плотности: эффективный заряд на атоме, дипольный момент отдельных связей и молекулы в целом, спиновая плотность. Теория резонанса как важный этап в формировании теоретических представлений в органической химии.

**Тема 23. Алканы.**

Алканы. Гомологический ряд, номенклатура и изомерия, алкильные радикалы. Природные источники. Методы синтеза: гидрирование непредельных углеводородов, восстановление различных классов органических соединений, реакция Вюрца, декарбокислирование и электролиз солей карбоновых кислот (реакция Кольбе). Электронное и пространственное строение алканов, длины связей и валентные углы. Сигма - связи. Описание электронного строения метана по методу молекулярных орбиталей. Вращательная изомерия, конформации и их относительные энергии. Физические свойства алканов и их зависимость от длины углеродной цепи и степени ее разветвленности. Спектральные характеристики.

Химические свойства алканов. Гомолитический тип разрыва связи. Свободные, радикалы, качественная трактовка электронного строения, факторы, определяющие их относительную стабильность. Фторирование, хлорирование, сульфохлорирование, сульфоокисление; образование солей, хлорангидридов, эфиров и амидов сульфокислот, их применение. Гидрирование (жидкофазное и парофазное), окисление по первичному, вторичному и третичному атомам углерода. Крекинг алканов (распад, диспропорционирование, соединение). Основные пути использования алканов.

**Тема 24. Алкены.**

Алкены. Номенклатура, изомерия. Способы получения: дегидрирование алканов, частичное гидрирование алкинов, дегидрогалогенирование и правило Зайцева. E1 и E2 - механизмы дегидрогалогенирования, дегалогенирование, дегидратация спиртов и ее механизм. Термическое разложение четвертичных аммониевых оснований (реакция Гофмана), превращение карбонильной группы в группу C=C (Виттиг), крекинг нефтепродуктов. Природа двойной углерод -углеродной связи. Свойства ПИ - связи. Описание электронного строения этилена в рамках метода молекулярных орбиталей. Геометрическая (цис - транс -) изомерия алкенов. Физические свойства и спектральные характеристики алкенов.

Химические свойства алкенов: гидрирование, присоединение галогеноводородных кислот, галогенов, воды, электрофильный механизм присоединения по связи C = C. Стереохимия электрофильного присоединения. Правило Марковникова и его интерпретация. Обращение ориентации присоединения бромистого водорода (по Карашу) как результат изменения механизма реакции (перекисный эффект). Радикальные реакции алкенов. Реакции окисления алкенов: эпоксирирование (Прилежаев, Шарплесс), цис- и транс- гидроксиррование (реакция Вагнера), расщепление связи C = C, озонлиз. Полимеризация: катионная, свободнорадикальная и координационная.

## **Тема 25. Алкины.**

Алкины. Номенклатура и изомерия алкинов. Способы образования тройной связи. Карбидный и пиролитический методы получения ацетилена, действие спиртового раствора щелочи на дигалогенопроизводные с геминальным и вицинальным расположением атомов галогенов. Описание тройной связи на основе представления об  $sp$ -гибридизации. Физические свойства и основные спектральные характеристики алкинов. Химические свойства: кислотный характер, каталитическое восстановление натрием в жидком аммиаке, гидрирование, галогенирование, гидрогалогенирование, гидратация (реакция М.Г. Кучерова), присоединение органических кислот, спиртов, циановодорода, реакции Фафурского и Реппе на основе ацетилена. Нуклеофильное присоединение по тройной связи. Превращение ацетилена в винилацетилен, промышленное значение этой реакции. Циклоолигомеризация алкинов. Алкины как диенофилы.

## **Тема 26. Одноатомные спирты.**

Одноатомные насыщенные спирты. Номенклатура, изомерия, классификация. Способы образования спиртовой гидроксильной группы: присоединение воды по связи  $C=C$ , гидролиз связи  $C$ -галоген, восстановление карбонильной и сложноэфирной групп. Синтезы с использованием металлоорганических соединений. Электронная природа и полярность связей  $C-O$  и  $O-H$ , водородная связь и ее проявление в спектральных характеристиках и физических свойствах спиртов. Химические свойства: кислотные свойства, замещение гидроксильной группы при действии серной кислоты, галогеноводородов и галогенангидридов минеральных кислот, дегидратация; рассмотрение этих реакций с позиций общих представлений о механизме нуклеофильного замещения и отщепления в алифатическом ряду. Синтез, свойства, синтетическое использование алкиловых эфиров минеральных кислот. Диметилсульфат как метилирующий реагент. Присоединение спиртов к олефинам, ацетиленовым соединениям, образование простых эфиров, взаимодействие с карбонильными соединениями, карбоновыми кислотами и их производными. Окисление и дегидрирование спиртов; реакция Опенауэра. Метанол, этанол, их получение в промышленности. Основные пути применения спиртов.

## **Тема 27. Карбонильные соединения.**

Карбонильные соединения. Номенклатура, классификация. Способы образования карбонильной группы: окисление алканов, озонолиз и каталитическое окисление олефинов, оксосинтез, гидратация алканов (реакция Кучерова), гидролиз геминальных дигалогенопроизводных и виниловых эфиров, окисление и дегидрирование спиртов, окислительное расщепление гликолей, действие уротропина на алкилгалогениды (реакция Соммле). Синтез альдегидов и кетонов из карбоновых кислот и их производных: восстановление хлорангидридов (реакция Розенмунда-Зайцева), восстановление нитрилов, реакция карбоновых кислот и их производных с металлоорганическими соединениями, пиролиз солей карбоновых кислот и его каталитические варианты. Электронное строение группы  $C=O$ , распределение электронной плотности и его связь с реакционной способностью карбонильной группы. Основные спектральные характеристики и физические свойства. Химические свойства. Сравнение реакционной способности и путей превращения альдегидов и кетонов. Реакции с гетероатомными нуклеофилами: гидратация, взаимодействие со спиртами, (полуацетали, ацетали и кетали), пятихлористым фосфором, гидросульфитом натрия. Взаимодействие с азотсодержащими нуклеофилами: образование оксимов, гидразонов, азинов, замещенных гидразонов и семикарбазонов, взаимодействие с вторичными аминами и образование енаминов, взаимодействие с первичными аминами и образование оснований Шиффа, взаимодействие с аммиаком (уротропин), реакция Манниха. Взаимодействие с  $C$ -нуклеофилами: образование циангидринов, присоединение магниорганических соединений. Кето-енольная таутомерия и связанные с ней свойства карбонильных соединений:

галогенирование и галоформное расщепление, нитрозирование, алкилирование. Альдольно-кетоновая конденсация и ее механизм при кислотном и основном катализе. Конденсация альдегидов и кетонов с соединениями других типов, содержащих активную метиленовую группу (реакция Кневенагеля). Циклоолигомеризация и полимеризация альдегидов (триоксан, паральдегид, параформ).

Окислительно-восстановительные реакции альдегидов и кетонов. Окисление альдегидов до карбоновых кислот, окисление кетонов без разрыва и с разрывом углерод-углеродных связей (правила Попова).

Каталитическое гидрирование карбонильных соединений, восстановление комплексными гидридами металлов, спиртами в присутствии алкоголятов алюминия (равновесие Меервейна-Понндорфа-Верлея, реакция Тищенко), амальгамированным цинком и соляной кислотой (реакция Клемменсена), восстановление кетонов металлами с образованием металл-кетиллов и пинаконов. Взаимодействие неенолизирующихся альдегидов со щелочами (реакция Канниццаро), бензоиновая конденсация.

### **Тема 28: Карбоновые кислоты.**

Карбоновые кислоты и их производные. Номенклатура и классификация. Методы получения: окисление углеводов, спиртов и альдегидов, синтеза с использованием магний- и литийорганических соединений, оксида углерода, малонового и ацетоуксусного эфиров, гидролиз нитрилов и сложных эфиров. Синтез уксусной кислоты карбонилированием метанола на родиевом катализаторе. Природные источники карбоновых кислот. Электронное строение карбоксильной группы и карбоксилат-аниона. Физические свойства карбоновых кислот и их производных. Водородные связи и образование димерных ассоциатов. Химические свойства. Кислотность, ее связь с электронным строением карбоновых кислот и их анионов, зависимость от характера и положения заместителей в алкильной цепи. Производные карбоновых кислот: соли, сложные эфиры, галогенагидриды, ангидриды, амиды, гидразиды, азиды, гидроксамовые кислоты, ортоэфиры, амидины, нитрилы. Представление о механизме взаимопревращений карбоновых кислот и их производных, роль кислотного и основного катализа на примере реакции этерификаций и омыления. Восстановление и галогенирование кислот (реакция Гелля-Фольгарда-Зелинского). Высшие карбоновые кислоты: маргариновая, пальмитиновая, стеариновая. Представления об основных путях использования карбоновых кислот.

### **Тема 29. Фенол и его гомологи**

Фенол и его гомологи. Номенклатура. Способы введения гидроксильной группы в ароматическое ядро: щелочное плавление солей сульфокислот, гидролиз галогенопроизводных, замена аминогруппы на гидроксил через соли диазония, кумольный способ получения фенола (Сергеев, Удрис). Химические свойства. Причины повышенной кислотности фенолов по сравнению с алифатическими спиртами, влияние заместителей. Образование фенолятов, простых и сложных эфиров. Реакции электрофильного замещения: галогенирование, сульфирование, нитрование, алкилирование. Перегруппировка (Фриса) сложных эфиров фенолов как способ ацилирования по кольцу. Конденсация фенолов с формальдегидом, фенол-формальдегидные смолы. Реакции электрофильного замещения, характерные для фенолов и фенолятов как ароматических соединений с повышенной реакционной способностью: карбоксилирование, нитрозирование, азосочетание, введение ацильной группы (реакции Гаттермана, Хеша, Раймера-Тимана, Вильсмайера-Хаака). Гидрирование и окисление фенолов. Стабильные феноксильные радикалы. Фенольны - стабилизаторы полимерных материалов. Основные пути использования замещенных фенолов.

### **Тема 30. Углеводы.**

Номенклатура и классификация, характерные химические свойства. Моносахариды. Стереоизомерия. Конфигурационные ряды. Кольчато-цепная таутомерия, мутаротация. Реакции, используемые для выяснения структурных и стереохимических характеристик

моносахаридов: окисление и восстановление, ацилирование, алкилирование, образование фенилгидразонов и озаонов, переходы от низших моносахаридов к высшим и обратно. Ди- и полисахариды, представление о нахождении углеводов в природе и путях их использования.

### **Тема 31. Аминокислоты.**

Номенклатура и классификация. Структурные типы природных  $\alpha$ -аминокислот, стереохимия и конфигурационные ряды. Синтезы из альдегидов и кетонов через циангидрины, из малонового, ацетоуксусного и нитроуксусного эфиров, галоген- и кетокислот. Методы синтеза  $\beta$ -аминокислот, основанные на реакциях непредельных и дикарбоновых кислот. Кислотно-основные свойства аминокислот и зависимость их строения от pH среды. Изoeлектрическая точка. Образование производных по карбоксильной и аминогруппе, бетаины. Взаимодействие с азотистой кислотой. Превращения, протекающие при нагревании аминокислот и зависимость их результатов от взаимного расположения двух функциональных групп. Представления о пептидном синтезе. Капролактамы и его техническое значение. Энант.

### **Тема 32. Ароматические углеводороды (бензол и его гомологи).**

Бензол и его гомологи, номенклатура, изомерия. Источники ароматических углеводородов. Электронное строение бензольного кольца и химические свойства бензола: относительная устойчивость к окислению, склонность к реакциям замещения, термодинамика гидрирования и сгорания бензола, его образования в реакции диспропорционирования циклогексена и циклогексадиена ("необратимый катализ" Зелинского), изомеризация дьюаровского бензола. Физические свойства и основные спектральные характеристики бензола и его гомологов. Гидрирование бензола, восстановление натрием в жидком аммиаке до дигидробензола (Берч). Реакции ароматического электрофильного замещения: сульфирование, нитрование, галогенирование, алкилирование, ацилирование. Значение этих реакций для переработки ароматических углеводородов, представление об их механизме и его экспериментальном обосновании.  $\pi$ - и  $\sigma$ -комплексы, пентадиенильная  $\pi$ -электронная система, ее несвязывающая МО и характер распределения электронной плотности. Влияние заместителей в бензольном кольце на изомерный состав продуктов и скорость реакции. Алкилбензолы. Способы получения с использованием реакций алкилирования и ацилирования бензола, реакция Вюрца-Фиттига. Химические свойства. Реакции электрофильного замещения в бензольном кольце и особенности ориентации в этих реакциях. Протонирование полиалкилбензолов, образование стабильных арениевых ионов. Дезалкилирование, диспропорционирование, изомеризация алкилбензолов. Реакции радикального замещения в боковой цепи, бензильная  $\pi$ -электронная система. Стирол. Фенилацетилен.

### **Тема 33. Ароматические амины.**

Ароматические амины. Классификация, номенклатура. Способы получения, основанные на реакциях нуклеофильного замещения в галоген-, гидроксид- и аминопроизводных ароматических углеводородов, реакции восстановления нитросоединений в нейтральной, кислой и щелочной среде, бензидиновая и семидиновая перегруппировки (Зинин). Электронное строение анилина. Основность ароматических аминов. Свойства ароматических аминов: взаимодействие с электрофилами. Реакции алкилирования и сульфирования ароматических аминов, сульфаниловая кислота и сульфамидные препараты. Ацилирование ароматических аминов как защитная реакция для дальнейшего проведения реакций галогенирования и нитрования. Нитрозирование и диазотирование ароматических аминов. Окисление. Важнейшие представители ароматических моно- и диаминов, основные пути их использования.

### **Тема 34. Пятичленные гетероциклы.**

Общие представления и классификация гетероциклов. Пятичленные гетероциклы с одним гетероатомом (фуран, тиофен, циррол). Общие методы синтеза и

взаимопревращения (Юрьев). Зависимость степени ароматичности от природы гетероатома и ее влияние на особенности взаимодействия гетероцикла с электрофилами. Сравнительная характеристика физических и химических свойств фурана, тиофена, пиррола и бензола. Реакции гидрирования и окисления. Фурфурол и тиофен-2-альдегид, пирролиновая кислота. Кислотные свойства пиррола и их использование в синтезе. Аналогия в свойствах пиррола и фенола. Конденсация пиррола с формальдегидом и муравьиной кислотой. Пиррол-2-альдегид и его превращение в порфин. Пиррольный цикл как структурный фрагмент хлорофилла и гемоглобина. Индол и его производные. Методы построения индольного ядра, основанные на использовании ароматических аминов и арилгидразонов (реакция Фишера). Химические свойства индола как аналога пиррола. Синтез важнейших производных. Представление о природных соединениях индольного ряда, индиго. Понятие об индигоидных красителях и кубовом крашении. Пятичленные гетероциклы с атомами азота, кислорода и серы. Пиразол, имидазол, триазолы, тетразол; оксазол, тиазол; основные методы синтеза, представление об электронном строении, ароматичности и химических свойствах.

#### 4. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОГРАММЫ

##### а) основная литература:

1. Глинка Н.Л. Общая химия: учебник для бакалавров. М.: Издательство Юрайт. 2012. 898 с.
2. Ю.С. Шабаров Органическая химия. Изд-во «Лань», 2011 г., 848 с.
3. А. А. Петров, Х. В. Бальян, А. Т. Трощенко Органическая химия. Изд-во «Альянс», 2012 г., 624 с.
4. Б. Д. Березин, Д. Б. Березин Органическая химия. Изд-во «Юрайт», 2012 г., 768 с. 4. Задачи по органической химии с решениями Бином. Лаборатория знаний, 2013 г., 352 с.
5. И. И. Грандберг, Н. Л. Нам Органическая химия. Изд-во «Дрофа», 2009 г., 608 с.
6. Э. Т. Оганесян Органическая химия. Изд-во «Академия», 2011 г., 432 с.
7. Вигдорович В.И., Цыганкова Л.Е. Кинетика и механизм электродных реакций в процессах коррозии металлов. Тамбов. Изд-во Першина. 2010.
8. Цыганкова Л.Е., Вигдорович В.И. Лабораторный практикум по химическому сопротивлению материалов и защите от коррозии. Тамбов. Изд-во Першина. 2010.
9. Цыганкова Л.Е., Вигдорович В.И., Поздняков А.П. Введение в теорию коррозии металлов. Тамбов. Изд-во ТГУ им. Г.Р. Державина. 2002. 311 с.
10. А.Г. Стромберг, Физическая химия. 2009.
11. В.И. Горшков, Основы физической химии. 2011.
12. Е.Г. Ипполитов, А.В. Артемов, В.В. Батраков. Физическая химия. 2005.
13. Л.Е. Цыганкова. Лабораторный практикум по физической химии. Изд-во Першина. 2010 г.
14. Л.Е. Цыганкова, В.И. Вигдорович. Сборник задач по физической химии (электрохимия и химическая кинетика). Изд-во Першина. 2010 г.
15. Золотов Ю.А. Основы аналитической химии. Учеб. М.: Высшая школа. Т. 1. 1997.
16. Золотов Ю.А. Основы аналитической химии. Учеб. М.: Высшая школа. Т. 2. 1997.
17. Аналитическая химия: Учебное пособие (под редакцией Петрухина О.М.). М.: Химия. 1993. 397 с.
18. Вигдорович В.И., Горелкин И.И., Поздняков А.П. Избранные главы неорганической химии: Учебное пособие для студентов ВУЗов, обучающихся по специальности «Химия». Тамбов.: Изд-во ТГУ. 2001.



**б) дополнительная литература:**

1. В. Г. Иванов, В. А. Горленко, О. Н. Гева Органическая химия. Изд-во «Академия», 2010 г., 624 с.
2. В. Я. Денисов, Д. Л. Мурышкин, Т. В. Чуйкова Органическая химия. Изд-во «Высшая школа», 2009 г., 544 с.
3. Т. Н. Захарова, Н. А. Головлева Органическая химия. Изд-во «Академия», 2012 г., 400 с
4. Дамаскин Б.Б., Петрий О. А., Цирлина Г.А. Электрохимии. М: Химия. 2001. 623с.
5. Коттон А., Уилкинсон Дж. Основы неорганической химии. М.: Мир, 1979. 678 с.
6. Кнорре Д.Г. и др. Физическая химия. М., 1990 г.
7. Воюцкий С.С. Курс коллоидной химии. М.: Химия. 1964. 574 с.
8. Дж. Робертс, М. Касерио. Основы органической химии. М.: Мир, 1978.Т. 1, 2.
9. Дж. Марч. Органическая химия. М.: Мир, 1985. Т. 1 - 4.
10. П. Сайкс. Механизмы реакций в органической химии. М.: Химия, 1991
11. Б.Д. Березин, Д.Б. Березин. Курс современной органической химии. М.: Высшая школа, 1999.

**Критерии оценивания вступительного испытания**

Вступительное испытание (экзамен) проводится в форме тестирования (компьютерного). Вступительное испытание оценивается по 50-балльной шкале.

Продолжительность вступительного испытания – 60 минут.

Тест содержит 40 вопросов:

- 30 вопросов с одним правильным ответом. Правильный ответ – 1 балл.
- 10 вопросов с двумя правильными ответами. Правильный ответ – 2 балла.

Интервал успешности: 15-50 баллов.