

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Щёкина Вера Витальевна

Должность: Ректор

Дата подписания: 05.03.2026 09:19:15

Уникальный программный ключ:

a2232a55157e576551a8999b1190892af5398942b420510fbbf575a434e57789

1



**МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Благовещенский государственный педагогический университет»**

**ОСНОВНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА  
Программа государственной итоговой аттестации**

**УТВЕРЖДАЮ**

**Декан естественно-географического  
факультета ФГБОУ ВО «БГПУ»**

**И.А. Трофимцова**

**«26» марта 2025 г.**

**Программа государственной итоговой аттестации**

**ПОДГОТОВКА К СДАЧЕ И СДАЧА  
ГОСУДАРСТВЕННОГО ЭКЗАМЕНА  
«ХИМИЯ»**

**Направление подготовки  
04.03.01 ХИМИЯ**

**Профиль  
«АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»**

**Уровень высшего образования  
БАКАЛАВРИАТ**

**Принята на заседании кафедры химии  
(протокол № 6 от «26» марта 2025 г.)**

**Благовещенск 2025**

**СОДЕРЖАНИЕ**

<b>1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА .....</b>	<b>3</b>
<b>2 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ (УКАЗАНИЯ) ДЛЯ СТУДЕНТОВ ПО ПОДГОТОВКЕ И ПРОХОЖДЕНИЮ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ .....</b>	<b>7</b>
<b>3 ПОКАЗАТЕЛИ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ НА ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ.....</b>	<b>8</b>
<b>4 ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....</b>	<b>9</b>
<b>5 ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ .....</b>	<b>38</b>
<b>6 ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ И ДОПОЛНЕНИЙ .....</b>	<b>40</b>

## 1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

**1.1 Цель государственной итоговой аттестации:** определение соответствия результатов освоения обучающимися требованиям федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки 04.03.01 Химия, профиль «Аналитическая химия».

**1.2 Место государственной итоговой аттестации в структуре ООП:** Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена «Химия» входит в блок БЗ «Государственная итоговая аттестация».

**1.3 Государственная итоговая аттестация обучающихся проводится в форме:**

- государственного экзамена;
- защиты выпускной квалификационной работы.

**1.4 Государственный экзамен проводится по следующим дисциплинам:**

- Аналитическая химия;
- Неорганическая химия;
- Физическая химия;
- Органическая химия;
- Коллоидная химия;
- Химическая технология;
- Химические основы биологических процессов;
- Высокомолекулярные соединения.

**1.5 Компетенции, которыми должны овладеть обучающиеся в результате освоения ООП и оцениваемые на государственной экзамене:** УК-1, УК-4, УК-5, УК-6, УК-7, УК-8, ОПК-1, ОПК-4, ОПК-5, ПК-1:

- **УК-1.** Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач, **индикаторами** достижения которой является:

- УК-1.1. Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие;
- УК-1.2. Определяет, интерпретирует и ранжирует информацию, требуемую для решения поставленной задачи;
- УК-1.3. Осуществляет поиск информации для решения поставленной задачи по различным типам запросов;
- УК-1.4. При обработке информации отличает факты от мнений, интерпретаций, оценок, формирует собственные мнения и суждения, аргументирует свои выводы и точку зрения, в том числе с применением философского понятийного аппарата.
- УК-1.5. Рассматривает и предлагает возможные варианты решения поставленной задачи, оценивая их достоинства и недостатки.

- **УК-4.** Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(ых) языке(ах), **индикаторами** достижения которой является:

- УК-4.1. Выбирает стиль общения на русском языке в зависимости от цели и условий партнерства; адаптирует речь, стиль общения и язык жестов к ситуациям взаимодействия;
- УК-4.2. Ведет деловую переписку на русском языке с учетом особенностей стилистики официальных и неофициальных писем;
- УК-4.3. Ведет деловую переписку на иностранном языке с учетом особенностей стилистики официальных писем и социокультурных различий;
- УК-4.4. Выполняет для личных целей перевод официальных и профессиональных текстов с иностранного языка на русский, с русского языка на иностранный;
- УК-4.5. Публично выступает на русском языке, строит свое выступление с учетом аудитории и цели общения;

• УК-4.6. Устно представляет результаты своей деятельности на иностранном языке, может поддержать разговор в ходе их обсуждения.

- **УК-5.** Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах, **индикаторами** достижения которой является:

• УК-5.1. Отмечает и анализирует особенности межкультурного взаимодействия (преимущества и возможные проблемные ситуации), обусловленные различием этических, религиозных и ценностных систем;

• УК-5.2. Предлагает способы преодоления коммуникативных барьеров при межкультурном взаимодействии;

• УК-5.3. Определяет условия интеграции участников межкультурного взаимодействия для достижения поставленной цели с учетом исторического наследия и социокультурных традиций различных социальных групп, этносов и конфессий.

- **УК-6.** Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни, **индикаторами** достижения которой является:

• УК-6.1. Использует инструменты и методы управления временем при выполнении конкретных задач, проектов, при достижении поставленных целей;

• УК-6.2. Определяет приоритеты собственной деятельности, личностного развития и профессионального роста;

• УК-6.3. Оценивает требования рынка труда и предложения образовательных услуг для выстраивания траектории собственного профессионального роста;

• УК-6.4. Строит профессиональную карьеру и определяет стратегию профессионального развития.

- **УК-7.** Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности, **индикаторами** достижения которой является:

• УК-7.1. Выбирает здоровьесберегающие технологии для поддержания здорового образа жизни с учетом физиологических особенностей организма и условий реализации профессиональной деятельности;

• УК-7.2. Планирует свое рабочее и свободное время для оптимального сочетания физической и умственной нагрузки и обеспечения работоспособности;

• УК-7.3. Соблюдает и пропагандирует нормы здорового образа жизни в различных жизненных ситуациях и в профессиональной деятельности.

- **УК-8.** Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов, **индикаторами** достижения которой является:

• УК-8.1. Знаком с общей характеристикой обеспечения безопасности и устойчивого развития в различных сферах жизнедеятельности; классификацией чрезвычайных ситуаций военного характера, принципами и способами организации защиты населения от опасностей, возникающих в мирное время и при ведении военных действий;

• УК-8.2. Оценивает вероятность возникновения потенциальной опасности в повседневной жизни и профессиональной деятельности и принимает меры по ее предупреждению;

• УК-8.3. Применяет основные методы защиты при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов в повседневной жизни и профессиональной деятельности.

- **ОПК-1.** Способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений, **индикаторами** достижения которой является:

- 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-4.** Способен планировать работы химической направленности, обрабатывать и интерпретировать полученные результаты с использованием теоретических знаний и практических навыков решения математических и физических задач. Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций, **индикаторами** достижения которой является:

- ОПК-4.1. Использует базовые знания в области математики и физики при планировании работ химической направленности;

- ОПК-4.2. Обрабатывает данные с использованием стандартных способов аппроксимации численных характеристик;

- ОПК-4.3. Интерпретирует результаты химических наблюдений с использованием физических законов и представлений.

- **ОПК-5.** Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности, **индикаторами** достижения которой является:

- ОПК-5.1. Имеет необходимые знания в широком спектре современных информационных технологий;

- ОПК-5.2. Способен выбрать информационную технологию адекватную поставленной профессиональной задаче;

- ОПК-5.3. Владеет навыками применения современных информационных технологий для решения задач профессиональной деятельности.

- **ПК-1.** Владеет системой фундаментальных химических понятий и законов, **индикаторами** достижения которой является:

- ПК-1.1. Понимает основные принципы, законы, методологию изучаемых химических дисциплин, теоретические основы физических и физико-химических методов исследования;

- ПК-1.2. Использует фундаментальные химические понятия в своей профессиональной деятельности;

- ПК-1.3. Интерпретирует полученные результаты, используя базовые понятия химических дисциплин.

**1.6 Перечень результатов освоения ООП, оцениваемые на государственном экзамене.**

Обучающийся должен:

- **знать:**

- пути поиска информации для использования полученных теоретических и практических знаний в области химии;

- основы поиска, критического анализа и синтеза информации, системного подхода для решения поставленных задач в рамках химических дисциплин;

- информационные источники справочного, научного, нормативного характера;

- теоретические основы базовых химических дисциплин;

- основные современные методы анализа химических веществ;

- **уметь:**

- применять и анализировать основы поиска, критического анализа и синтеза информации, системного подхода для решения поставленных задач;

- анализировать задачу, выделяя ее базовые составляющие, и осуществлять декомпозицию задачи;
  - грамотно, логично, аргументированно формировать собственные суждения и оценки;
  - отличать факты от мнений, интерпретаций, оценок и т.д. в рассуждениях других участников деятельности;
  - определять и оценивать практические последствия возможных решений;
  - сопоставляет разные источники информации с целью выявления их противоречий и поиска достоверных суждений;
  - проводить самостоятельный поиск химической информации с использованием различных источников (научно-популярных изданий, компьютерных баз данных, ресурсов Internet).
  - выявлять связь между физическими и химическими процессами, между строением и свойствами химических соединений;
  - решать задачи, используя принципы и методы химии;
  - объяснять и анализировать на основе экспериментальных данных свойства веществ и процессы, протекающие при их взаимодействии;
  - решать типовые учебные задачи по основным (базовым) химическим дисциплинам.
- владеть:**
- навыками анализа, применения основ поиска, критического анализа и синтеза информации, системного подхода для решения поставленных задач в рамках дисциплины химических дисциплин;
  - навыками анализа задачи, выделяя ее базовые составляющие и осуществляя декомпозицию задачи;
  - навыками грамотно, логично, аргументированно формировать собственные суждения и оценки;
  - навыками отличать факты от мнений, интерпретаций, оценок и т.д. в рассуждениях других участников деятельности;
  - способностью определять и оценивать практические последствия возможных решений;
  - способами ориентации в профессиональных источниках информации (журналы, сайты, образовательные порталы);
  - навыками делать заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ по химии;
  - основными законами и закономерностями фундаментальных разделов химии и применять их при решении задач, при анализе экспериментальных данных, полученных при исследовании;
  - методами определения возможности протекания химических превращений в различных условиях и оценки их последствий;

**Общая трудоемкость** составляет 3 зачетных единиц (108 часа):

№	Индекс/Наименование	Кол-во часов	ЗЕ
1.	БЗ.01 Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена «Химия»	108	3

## 2 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ (УКАЗАНИЯ) ДЛЯ СТУДЕНТОВ ПО ПОДГОТОВКЕ И ПРОХОЖДЕНИЮ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ

*Прием государственных экзаменов* проводится государственной экзаменационной комиссией – ГЭК (далее – комиссия) с участием не менее двух третей ее состава и обязательном участии председателя ГЭК. В день комиссия заслушивает не более 12 студентов.

Не менее чем за неделю до начала работы комиссии секретарь ГЭК доводит до сведения председателя и членов комиссии график ее работы (дата, время, аудитория).

Деканат составляет график распределения выпускников по дням работы ГЭК и на его основе оформляет экзаменационные ведомости.

Секретарь ГЭК совместно с деканатом формирует пакет документов, необходимых для работы ГЭК (Положение об итоговой государственной аттестации, приказ о составе ГЭК, зачетные книжки, экзаменационные ведомости, программы государственных экзаменов, экзаменационные бланки, протоколы).

При проведении государственного экзамена на каждого выпускника секретарем комиссии заполняется протокол с указанием номера билета, перечня вопросов и результата его ответа. Каждый протокол подписывается председателем ГЭК и всеми присутствовавшими на заседании комиссии членами ГЭК.

Перед началом экзамена студенты-выпускники приглашаются в аудиторию. Председатель комиссии знакомит присутствующих с приказом о создании ГЭК (зачитывает его), представляет состав ГЭК.

Председатель предметной комиссии ГЭК раскладывает на столе все экзаменационные билеты в присутствии членов ГЭК.

Экзаменационные билеты государственного экзамена разрабатываются кафедрой химии на основе программы ГИА и утверждаются деканом факультета.

Экзамен проводится в устной форме. Студентам рекомендуется подготовить свои ответы по экзаменационному билету в письменной форме. Запись ответов на вопросы экзаменационного билета делается на специальных проштампованных листах – экзаменационных бланках. Студентам во время проведения экзамена запрещается иметь при себе и использовать средства связи.

В аудиторию по одному приглашаются студенты. Одновременно в аудитории может находиться не более пяти экзаменуемых. Студенты берут билет, называют его номер, получают экзаменационный бланк и занимают индивидуальное место за столами для подготовки ответов.

На подготовку студентам предоставляется не менее 1 часа, на ответ по билету – 20 мин., на ответы на вопросы экзаменационной комиссии – 10 мин., о чем студенты заранее предупреждаются.

Право выбора порядка ответа предоставляется выпускнику. Комиссия дает возможность студенту дать полный ответ по всем вопросам билета.

Результаты государственного экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно» на основании устной беседы выпускника с членами ГЭК по вопросам билета и дополнительным вопросам.

Каждый член комиссии принимает решение по оценке результата устного ответа выпускника и фиксирует его в своем рабочем бланке.

В конце каждого заседания комиссии, при обязательном присутствии председателя, председателем предметной комиссии заполняется экзаменационная ведомость. В ведомости на каждого выпускника проставляется одна итоговая оценка, которая определяется посредством обсуждения мнений членов комиссии. При проведении обсуждения председатель комиссии обладает правом решающего голоса.

Итоговая оценка вносится также в протокол и зачетную книжку студента, закрепляется подписью председателя ГЭК и всех присутствовавших на заседании комиссии членов ГЭК.

Итоги работы ГЭК студентам сообщает ее председатель, оглашая выставленные оценки.

Экзаменационная ведомость и зачетные книжки студентов-выпускников передаются в деканат.

Пересдача государственного экзамена с целью повышения положительной оценки не допускается.

### **3 ПОКАЗАТЕЛИ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ НА ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ**

#### **3.1 Показатели и критерии оценивания на государственном экзамене**

Оценка 5 (отлично) ставится, если студент:

- полно раскрыл содержание материала билета;
- материал изложен грамотно, в определенной логической последовательности, точно используется терминология;
- показано умение иллюстрировать теоретические положения конкретными примерами, применять их в новой ситуации;
- продемонстрировано усвоение ранее изученных сопутствующих вопросов, сформированность и устойчивость компетенций, умений и навыков;
- ответ прозвучал самостоятельно, без наводящих вопросов;
- допущены одна – две неточности при освещении второстепенных вопросов, которые исправляются по замечанию.

Оценка 4 (хорошо) ставится, если:

- в изложении допущены небольшие пробелы, не искажившие содержание ответа;
- допущены один – два недочета при освещении основного содержания ответа, исправленные по замечанию экзаменатора;
- допущены ошибка или более двух недочетов при освещении второстепенных вопросов, которые легко исправляются по замечанию экзаменатора.

Оценка 3 (удовлетворительно) ставится, если:

- неполно или непоследовательно раскрыто содержание материала, но показано общее понимание вопроса и продемонстрированы умения, достаточные для дальнейшего усвоения материала;
- имелись затруднения или допущены ошибки в определении понятий, использовании терминологии, исправленные после нескольких наводящих вопросов;
- при неполном знании теоретического материала выявлена недостаточная сформированность компетенций, умений и навыков, студент не может применить теорию в новой ситуации.

Оценка 2 (неудовлетворительно) ставится, если:

- не раскрыто основное содержание учебного материала;
- обнаружено незнание или непонимание большей или наиболее важной части учебного материала;
- допущены ошибки в определении понятий, при использовании терминологии, которые не исправлены после нескольких наводящих вопросов;
- не сформированы компетенции, умения и навыки.

Теоретические вопросы к государственному выпускному экзамену составляются на основе учебных программ дисциплин рабочего учебного плана. Совокупность вопросов разрабатывается методической комиссией кафедры химии и утверждается заведующим

кафедрой химии. Экзаменационные билеты должны отражать соответствие подготовки выпускников требованиям ГОС, выносимым на государственный экзамен. В материалах, выносимых на государственный экзамен, представляются все основные разделы дисциплин цикла ОПД, причем в них, прежде всего, должны найти отражение их фундаментальные составляющие.

**4 ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ,  
НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

**МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Благовещенский государственный педагогический университет»**

Факультет Естественно-географический  
(наименование факультета)

Направление подготовки  
04.03.01. ХИМИЯ

Профиль АНАЛИТИЧЕСКАЯ  
ХИМИЯ

**УТВЕРЖДАЮ**  
Декан факультета  
Трофимцова И.А. / \_\_\_\_\_ /  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭКЗАМЕН  
ХИМИЯ**

(наименование дисциплины)

**БИЛЕТ № 2**

1. Сущность гравиметрического анализа. Осаждаемая и гравиметрическая формы осадка. Выбор осадителя, неорганические и органические осадители. Общая оценка метода. Требования к осадкам и гравиметрической форме. Расчет массы анализируемой пробы и объема (массы) осадителя. Гравиметрический фактор. Механизм образования твердой фазы – теория кристаллизации. Условия получения осадка. Осаждение из гомогенных растворов. Загрязнение осадка: виды соосаждения, закономерности адсорбции на аморфных осадках, закономерности соосаждения на кристаллических осадках.
2. Альдегиды и кетоны. Методы синтеза. Нуклеофильное присоединение к карбонильной группе.
3. Кислород. Химическая связь в молекуле кислорода. Физические и химические свойства кислорода, озона. Водородные соединения кислорода. Пероксиды металлов, их получение, свойства и применение.

**Заведующий кафедрой химии**

\_\_\_\_\_ (наименование кафедры)

\_\_\_\_\_/Егорова И.В./  
(подпись) (Ф.И.О.)

## СОДЕРЖАНИЕ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОВОЙ АТТЕСТАЦИИ *АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ*

Молекулярно-абсорбционные методы анализа. Аппаратура применяемая в колориметрии и спектрофотометрии. Закон Бугера-Ламберта-Бера. Молярный коэффициент поглощения. Спектры поглощения.

Основные методы колориметрических определений: градуировочного графика, молярного коэффициента поглощения, добавок.

Электромагнитное излучение и его взаимодействие с веществом. Основы теории атомных и молекулярных спектров. Классификация оптических методов анализа. Основные узлы спектральных приборов. Спектральные термы. Интенсивность спектральных линий. Качественный спектральный анализ. Количественный и полуколичественный спектральный анализ.

Сущность гравиметрического анализа. Осаждаемая и гравиметрическая формы осадка. Выбор осадителя, неорганические и органические осадители. Общая оценка метода. Требования к осадкам и гравиметрической форме. Расчет массы анализируемой пробы и объема (массы) осадителя. Гравиметрический фактор. Механизм образования твердой фазы – теория кристаллизации. Условия получения осадка. Осаждение из гомогенных растворов. Загрязнение осадка: виды соосаждения, закономерности адсорбции на аморфных осадках, закономерности соосаждения на кристаллических осадках.

Сущность титриметрического анализа. Способы приготовления титрованных (стандартных) растворов. Приемы и методы титрования. Индикаторы. Индикаторы кислотно-основного титрования. Теория индикаторов. Интервал рН изменения окраски индикаторов. Показатель титрования рТ. Рабочие растворы в методах кислотно-основного титрования. Кривые титрования. Индикаторные погрешности титрования. Водородная и гидроксильная ошибки титрования.

Качественный химический анализ катионов и анионов. Системы качественного анализа. Соотношение между классификацией катионов в анализе и периодической системой Д.И. Менделеева. Избирательность и специфичность реакций. Групповые и частные реакции. Дробный и систематический методы анализа.

Хроматографические методы анализа. Анализ и методы расчета хроматограмм. Классификация хроматографических методов. Хроматографические параметры. Качественный хроматографический анализ. Количественный хроматографический анализ. Методы расчета хроматограмм. Метод нормировки. Метод внешнего стандарта. Метод внутреннего стандарта.

### ***НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ***

#### **Классификация и номенклатура неорганических соединений**

Номенклатурные правила ИЮПАК химических веществ.

Простые вещества. Аллотропия. Классификация простых веществ.

Сложные вещества как форма существования элементов в соединениях. Классификация сложных веществ по составу. Бинарные соединения. Гидриды. Оксиды, пероксиды, халькогениды, галогениды, нитриды, карбиды и т.п. Номенклатура бинарных соединений. Трехэлементные соединения. Гидроксиды. Соли. Интерметаллические соединения.

Классификация сложных веществ по функциональным признакам. Оксиды солеобразующие и несолеобразующие. Кислотные, основные и амфотерные оксиды. Номенклатура оксидов.

Основания. Одно- и многокислотные основания. Щелочи. Номенклатура оснований.

Кислоты: бескислородные и кислородсодержащие. Одно-и многоосновные кислоты. Номенклатура кислот.

Соли: средние, кислые (гидросоли), основные (гидроксо- и оксоли). Смешанные и двойные соли. Номенклатура солей.

Понятие о комплексных соединениях. Основные положения координационной теор-

рии А. Вернера. Внешняя и внутренняя сферы комплексов. Характеристика лГИАндов. Координационное число комплексообразователя. Заряд комплексного иона. Основные классы комплексных соединений. Изомерия комплексных соединений. Гидратная и координационная изомерия. *Цис*- и *транс*-изомерия. Номенклатура комплексных соединений.

### **Периодический закон и периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева**

Жизнь и научная деятельность Д.И. Менделеева. Систематизация и классификация факторов как необходимый этап развития науки. Первые попытки классификации химических элементов.

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 не открытых элементов. Экспериментальное подтверждение теоретических предсказаний Д.И. Менделеева.

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

Периодическая система как естественная система элементов. Длинная и короткая формы периодических таблиц. Периоды, группы, подгруппы. Связь положения элемента в периодической системе с электронным строением его атома. Три принципа заполнения орбиталей основного состояния многоэлектронных атомов: принцип наименьшей энергии, принцип (запрет) Паули, правило Гунда, правило Клечковского. Электронные конфигурации. Символическая и графическая формы записи электронных конфигураций. Особенности электронных конфигураций атомов элементов главных и побочных подгрупп. Элементы *s*-, *p*-, *d*-, *f*- семейств. Связь свойств элементов с их положением в периодической системе. Периодически и непериодически изменяющиеся свойства элементов. Свойства изолированных атомов. Атомные радиусы (ковалентные, металлические, орбитальные). Энергия ионизации. Сродство к электрону. Электроотрицательность по Полингу и Малликену. Относительная электроотрицательность. Условные ионные радиусы. Изменение величин радиусов энергий ионизации, сродства к электрону и электроотрицательности атомов элементов с ростом зарядов их ядер. Периодичность изменения свойств элементов как проявление периодичности изменения электронных конфигураций атомов.

Значение открытия периодического закона в развитии науки и утверждении диалектико-материалистического мировоззрения. Раскрытие в периодической системе всеобщей естественной взаимосвязи между химическими элементами. Периодическая система как отражение переходов количественных изменений в качественные.

Границы и эволюция периодической системы.

#### **Элементы главных подгрупп периодической системы**

##### **Водород**

Атомы водорода, изотопы. Распространение водорода в природе. Особенности положения в периодической системе. Характеристика молекулы водорода с позиций методов валентных связей и молекулярных орбиталей: энергия, длина и кратность связи. Лабораторные и промышленные способы получения водорода, его физические и химические свойства. Меры предосторожности при работе с водородом. Водород - топливо будущего. Молекулярный и атомарный водород как восстановитель. Соединения водорода с металлами и неметаллами: степень окисления атомов элементов в молекулах и природа химической связи в них, кислотно-основные и окислительно-восстановительные свойства. Применение водорода в промышленности и в лабораторной практике.

##### **Элементы главной подгруппы VII группы**

Общая характеристика атомов элементов и простых веществ. Меры предосторожности при работе с галогенами (здесь и далее, если это не оговорено особо, общая характеристика элементов подгруппы дается по схеме: электронные структуры, радиусы атомов, иони-

зационные потенциалы, сродство к электрону, электроотрицательность, валентные возможности, проявляемые степени окисления, координационные числа, распространение в природе);

**Фтор.** Распространение фтора в природе, способы получения, его физические и химические свойства. Соединения фтора, Фтороводород. Получение и свойства. Ассоциация молекул. Фтороводородная (плавиковая) кислота, фториды, фторид кислорода. Применение фтора и его соединений.

**Хлор.** Нахождение в природе, изотопы. Лабораторные и промышленные способы получения хлора, его физические и химические свойства. Характер соединений хлора с металлами. Механизм взаимодействия хлора с водородом. Хлороводород, хлороводородная (соляная) кислота: промышленные и лабораторный способы получения. Физические и химические свойства соединений, применение. Взаимодействие хлора с водой, щелочами и другими сложными веществами. Кислородные соединения хлора: оксиды, кислоты, соли. Хлорноватистая кислота, типы распада в растворе. Гипохлориты, белильная известь. Хлористая, хлорноватая, хлорная кислоты и их соли. Бертолетова соль. Сравнение силы, прочности и окислительных свойств оксокислот хлора, стереохимия их анионов. Применение хлора и его соединений. Охрана окружающей среды от загрязнения хлором. Понятие о предельно допустимых концентрациях (ПДК) вредных веществ, хлора.

**Бром. Йод.** Распространение в природе, методы получения в лаборатории и промышленности. Физические и химические свойства простых веществ. Бромоводород и йодоводород, бромоводородная и йодоводородная кислоты, их соли. Получение, свойства и применение. Сравнительная характеристика силы галогеноводородных кислот и восстановительных свойств их анионов. Направленность реакций между галогенами и веществами, содержащими галогенид-ионы. Кислородные соединения брома и йода. Сравнительная характеристика оксокислот галогенов с одинаковыми степенями окисления кислотообразующих элементов. Биологическая роль простых веществ и соединений, образованных галогенами.

### **Элементы главной подгруппы VI группы**

Общая характеристика атомов элементов и простых веществ.

**Кислород.** Изотопный состав природного кислорода. Химическая связь в молекуле кислорода с позиций МВС и ММО. Объяснение парамагнетизма кислорода. Лабораторные и промышленные способы получения кислорода, его физические и химические свойства. Кислород как окислитель. Взаимодействие с кислородом простых и сложных веществ. Оксиды: способы получения, свойства, классификация и номенклатура. Аллотропия кислорода. Озон, его свойства, получение, образование в природе. Области применения кислорода. Роль кислорода в природе.

**Воздух.** Постоянные и переменные составные части воздуха. Проблема чистого воздуха. Жидкий воздух, его свойства и практическое использование. Водородные соединения кислорода. Вода, и пероксид водорода, состав и электронное строение их молекул. Термодинамическая устойчивость, кислотно-основные и окислительно-восстановительные свойства пероксида водорода. Получение, свойства и применение пероксидов металлов.

**Сера.** Сера в природе. Аллотропия серы. Физические свойства ее важнейших модификаций. Химические свойства и практическое применение серы. Водородные соединения серы.

**Сероводород:** получение, физические и химические свойства, Физиологическое действие сероводорода, его ПДК. Сероводородная кислота и сульфиды. Восстановительные свойства сероводорода и сульфидов. Краткие сведения о полисероводородах и полисульфидах.

**Кислородные соединения серы:** строение молекул, характер валентных связей. Оксид серы (IV), его физические и химические свойства, лабораторные и промышленные способы получения, его ПДК. Химические свойства сернистой кислоты и сульфитов. Тиосерная кислота и тиосульфаты, их практическое значение. Оксид серы (VI), его физические и химические свойства. Серная кислота. Свойства концентрированной и разбавленной серной кислоты. Взаимодействие с металлами, неметаллами и сложными веществами. Правила обращения с концентрированной серной кислотой. Химизм нитрозного и контактного способов получения

серной кислоты. Производство серной кислоты и проблема охраны окружающей среды.

Олеум и пиросерная кислота. Соли серной кислоты, их нахождение в природе, свойства и применение. Значение серной кислоты и ее солей в народном хозяйстве. Надсерная кислота и персульфаты. Биологическая роль серы, круговорот в природе.

Селен и теллур: физические и химические свойства, значение в современной технике. Водородные и кислородные соединения селена и теллура. Оксиды селена, теллура и их кислоты.

Характер изменения свойств водородных соединений элементов в подгруппе: прочность и полярность молекул, валентные углы, сила соответствующих кислот, восстановительные свойства анионов кислот.

### **Элементы главной подгруппы V группы**

Общая характеристика атомов элементов и простых веществ.

Азот. Азот в природе. Химическая связь в молекуле азота с позиций МВС и ММО, объяснение ее особой устойчивости. Физические и химические свойства. Особенности взаимодействия азота с кислородом, их объяснение с позиций химической термодинамики. Лабораторные и промышленные способы получения, применение азота.

Соединения азота с водородом. Аммиак. Электронное строение и геометрия молекулы. Лабораторные и промышленные способы получения, физические и химические свойства аммиака. Восстановительные и окислительные свойства аммиака. Способность аммиака к взаимодействию по донорно-акцепторному механизму: взаимодействие с водой, кислотами, образование аммиакатов. Соли аммония: их структура, свойства. Продукты термического разложения различных солей аммония. Практическое применение аммиака и солей аммония. Гидразин: строение молекулы, химические свойства. Гидроксиламин. Азотистоводородная кислота, азиды.

Кислородные соединения азота. Оксиды азота: строение молекул, устойчивость, получение и свойства. Химическая связь в молекуле оксида азота (II) с позиций ММО. Равновесие димеризации оксида азота (IV). Азотистая кислота, нитриты. Строение, получение, свойства. Азотная кислота. Электронное строение и геометрия молекулы. Лабораторные и промышленные способы получения азотной кислоты. Химические свойства азотной кислоты. Взаимодействие с металлами и неметаллами. Царская водка, хлорид нитрозила. Нитраты. Термическое разложение нитратов.

Биологическая роль азота. Проблема связанного азота. Азотные удобрения.

Фосфор. Важнейшие природные соединения, получение. Аллотропные модификации фосфора, их свойства. Токсичность белого фосфора, меры предосторожности при работе с ним.

Фосфиды металлов. Соединение фосфора с водородом. Фосфины. Сравнение геометрии молекул и свойств фосфина и аммиака.

Кислородные соединения фосфора. Оксиды фосфора. Оксокислоты фосфора. Фосфорноватистая, фосфористая и фосфорные кислоты: строение молекул, основность. Изменение устойчивости, кислотных и окислительно-восстановительных свойств в ряду оксокислот фосфора. Метафосфаты, полифосфаты. Соли ортофосфорной кислоты, их практическое применение. Галогениды фосфора, их гидролиз. Биологическая роль фосфора. Фосфорные удобрения.

Мышьяк, сурьма, висмут. Распространенность в природе, получение простых веществ. Сравнительная характеристика физических и химических свойств мышьяка, сурьмы и висмута. Водородные соединения мышьяка, сурьмы и висмута. Сравнительная характеристика их устойчивости и свойств. Оксиды и гидроксиды мышьяка, сурьмы и висмута различных степеней окисления. Их получение и свойства. Галогениды мышьяка, сурьмы и висмута, их свойства. Гидролиз солей мышьяка, сурьмы и висмута. Оксогалогениды сурьмы и висмута (III). Сульфиды мышьяка, сурьмы и висмута. Сравнение окислительно-восстановительных свойств соединений мышьяка, сурьмы и висмута в степенях окисления (+3) и (+5). Физиологическое действие мышьяка и его соединений. Практическое значение мышьяка, сурьмы, висмута и

их соединений.

### **Элементы главной подгруппы IV группы**

Общая характеристика атомов элементов и простых веществ. Углерод. Углерод в природе. Аллотропия углерода: алмаз, графит, карбин, фуллерен; их структура, физические и химические свойства, практическое значение. Характер гибридизации атомных орбиталей углерода в них. Активированный уголь. Химические свойства углерода. Практическое использование восстановительных свойств углерода.

Карбиды металлов, их общая характеристика. Кислородные соединения углерода. Оксиды углерода (II, IV). Строение молекул с позиций МВС и ММО. Промышленные и лабораторные способы получения, физические и химические свойства. Физиологическое действие оксида углерода (II). Практическое использование оксида углерода (II). Первая помощь при отравлении угарным газом. Фосген, карбонилы металлов. Угольная кислота. Карбонаты и гидрокарбонаты, их растворимость, гидролиз, термическая устойчивость.

Соединения углерода с азотом и галогенами. Синильная кислота. Цианиды. Тетрахлорид углерода. Фторопроизводные углерода, понятие о фреонах.

Кремний и его соединения. Кремний в природе. Природные силикаты. Промышленные и лабораторные способы получения кремния. Свойства кремния и его применение. Водородные соединения кремния, отличие их свойств от аналогичных соединений углерода. Силициды металлов. Диоксид кремния. Кварц. Кварцевое стекло, его применение. Кремниевые кислоты. Силикагель, его применение. Силикаты, растворимое стекло. Стеклообразное состояние.

Германий, олово, свинец и их соединения. Получение простых веществ, их физические и химические свойства. Аллотропия. Значение германия в современной технике. Краткая характеристика водородных соединений элементов. Оксиды и гидроксиды, их кислотнo-основные и окислительно-восстановительные свойства;  $\alpha$ - и  $\beta$ -оловянные кислоты. Восстановительные свойства соединений олова (II). Причины понижения устойчивости высших степеней окисления в ряду германий – олово – свинец. Применение олова, свинца и их соединений. Защита окружающей среды от распыления соединений тяжелых металлов.

### **Элементы главной подгруппы VIII группы**

История открытия элементов. Их место в периодической системе и электронная структура атомов. Объяснение невозможности существования двухатомных молекул с позиций метода МО. Потенциалы ионизации. Нахождение в природе, способы их выделения; физические свойства. Применение гелия, неона, аргона. Важнейшие соединения ксенона и криптона, их свойства, получение и применение. Клатраты.

### **Общие свойства и способы получения металлов**

Металлическое состояние вещества. Особенности электронного строения атомов элементов, способных к образованию металлической связи; положение указанных элементов в периодической системе. Типы кристаллических решеток металлов. Понятие о металлических сплавах, Важнейшие компоненты сплавов. Поликристаллическая структура реальных металлов и сплавов.

Общие физические свойства металлов. Общие химические свойства металлов. Термодинамическая вероятность и кинетические особенности взаимодействия металлов в компактном и мелко-раздробленном состоянии с различными простыми веществами, их взаимодействие с оксидами. Объяснение направленности металлотермических реакций с позиций химической термодинамики. Электрохимический механизм взаимодействия металлов с водой и водными растворами электролитов. Электрохимический ряд напряжений металлов.

Основные виды руд, их обогащение. Обзор важнейших методов получения металлов из руд. Возможности получения металлов электролизом расплавов и растворов.

### **Элементы главной подгруппы I группы**

Распространенность в земной коре, изотопный состав, важнейшие природные соединения.

Общая характеристика атомов элементов, физических и химических свойств простых

веществ. (Здесь и далее, если это не оговорено особо, при характеристике химических свойств металлов следует отметить характер взаимодействия с кислородом, галогенами, водородом, азотом; теплоты образования получаемых соединений, использование этих величин для оценки активности металлов; значения стандартных электродных потенциалов в водных растворах, возможности и характер взаимодействия металлов с водой, растворами кислот, солей и щелочей.)

Правила хранения и техника безопасности при работе со щелочными металлами. Способы получения щелочных металлов.

Свойства, получение и применение важнейших соединений элементов: гидридов, оксидов, гидроксидов, пероксидов, солей. Получение соды. Меры предосторожности при работе со щелочами. Значение соединений натрия и калия для живых организмов. Калийные удобрения.

### **Элементы главной подгруппы II группы**

Распространенность в земной коре, изотопный состав, важнейшие природные соединения.

Общая характеристика атомов элементов, физических и химических свойств простых веществ. Поведение металлов в реальных атмосферных условиях. Правила хранения щелочноземельных металлов, меры предосторожности при работе с ними. Получение и применение простых веществ, образуемых элементами подгруппы, в промышленности.

Соединения элементов: гидриды, оксиды, гидроксиды, пероксиды, соли. Их получение, физические свойства, закономерности изменения химических свойств. Важнейшие случаи применения отдельных соединений. Негашеная и гашеная известь. Свойства, получение и применение.

Физиологическое действие соединений элементов главной подгруппы II группы. Меры предосторожности при работе с соединениями бериллия и бария.

Жесткость воды и способы ее устранения. Очистка воды с помощью ионообменных смол.

### **Элементы главной подгруппы III группы**

Распространенность в земной коре, изотопный состав, важнейшие природные соединения.

Общая характеристика атомов элементов, физических и химических свойств простых веществ.

Бор. Аллотропные модификации. Важнейшие физические и химические свойства кристаллического бора, его получение и применение. Особенности структуры бороводородов, их свойства. Бориды металлов. Нитрид бора. Оксид и гидроксид бора: структура, свойства, применение. Ортоборная кислота. Бура. Бор как микроэлемент.

Алюминий. Физические и химические свойства простого вещества, его получение. Алюмотермия. Применение алюминия и его сплавов. Получение, свойства и практическое применение важнейших соединений алюминия: оксида, гидроксида, гидроксоалюминатов, солей.

Галлий, индий, таллий. Физические и химические свойства простых веществ, их практическое использование. Получение и свойства важнейших соединений элементов: оксидов, гидроксидов, солей. Закономерности изменения кислотно-основных свойств гидроксидов элементов с увеличением зарядов ядер их атомов. Окислительно-восстановительные свойства соединений галлия, индия и таллия.

### **Общая характеристика свойств элементов главных подгрупп периодической системы Д. И. Менделеева и их соединений**

Закономерности в изменении радиусов, энергии ионизации, сродства к электрону, электроотрицательности атомов элементов в периодах и в главных подгруппах.

Соединения металлов и неметаллов с водородом: изменение в периодах и подгруппах полярности и прочности связи в соединениях элементов с водородом. Закономерности изменения их восстановительных свойств.

Оксиды. Строение, тип связи между атомами; изменение величины эффективного заряда атомов кислорода в оксидах на примерах оксидов II и III периодов и главных подгрупп I и II групп. Изменение кислотно-основных свойств оксидов элементов в периодах и главных подгруппах. Гидроксиды. Зависимость характера их диссоциации от величин условных радиусов, и зарядов ионов элементов. Изменение характера диссоциации гидроксидов на примерах элементов III периода и главных подгрупп I, II, V, VI и VIII групп.

Изменение устойчивости различных степеней окисления атомов элементов в главных подгруппах. Окислительные свойства соединений, содержащих атомы элементов в высших степенях окисления.

### **Элементы побочных подгрупп периодической системы**

Особенности электронного строения атомов элементов *d*- и *f*-семейств. Их положение в периодической системе. Характер изменения орбитальных радиусов и энергий ионизации атомов элементов *d*- и *f*-семейств. Вторичная и внутренняя периодичности. Лантаноидное и актиноидное сжатие. Контракционная аналогия. Эффект проникновения электронов к ядру. Сравнение свойств атомов, простых веществ и соединений элементов главных и побочных подгрупп. Отличие в главных и побочных подгруппах характера изменения свойств элементов и их соединений при возрастании зарядов ядер атомов. Многообразие степеней окисления, проявляемых атомами элементов побочных подгрупп. Склонность *d*-элементов к комплексообразованию.

#### **Элементы побочной подгруппы I группы**

Медь, серебро, золото. Физические и химические свойства металлов. Нахождение в природе и способы получения. Важнейшие соединения меди, серебра, золота: оксиды, гидроксиды, соли. Комплексные соединения. Окислительно-восстановительные свойства соединений меди.

#### **Элементы побочной подгруппы II группы**

Цинк, кадмий, ртуть. Нахождение в природе. Физические и химические свойства металлов. Способы получения и применение в технике. Важнейшие соединения цинка: оксиды, гидроксиды, соли; их получение и свойства. Комплексные соединения. Техника безопасности при работе с ртутью и ее соединениями.

#### **Элементы побочной подгруппы III группы**

Скандий, иттрий, лантан, актиний. Общая характеристика атомов элементов, физических и химических свойств простых веществ. Предсказание свойств экабора (скандия) и его соединений Д.И. Менделеевым. Нахождение элементов в природе.

Оксиды, гидроксиды и соли элементов побочной подгруппы III группы. Сравнение свойств элементов главной и побочной подгрупп III группы.

Степени окисления и координационные числа лантаноидов. Химические свойства лантаноидов. Реакции с неметаллами, водой, разбавленными и концентрированными кислотами. Получение и кислотно-основный характер гидроксидов лантаноидов. Соли. Окислительно-восстановительные свойства соединений лантаноидов.

Актиноиды. Степени окисления и координационные числа актиноидов. Химические свойства актиноидов. Уран. Кислотно-основные и окислительно-восстановительные свойства соединений актиноидов.

#### **Элементы побочной подгруппы IV группы**

Общая характеристика атомов элементов, физических и химических свойств простых веществ.

Титан, цирконий, гафний в природе. Химизм их получения из природных соединений. Оксиды, гидроксиды, соли. Применение титана, циркония, гафния и их соединений. Значение синтеза элемента № 104 в развитии периодического закона.

Сравнение свойств элементов главной и побочной подгрупп IV группы.

#### **Элементы побочной подгруппы V группы**

Общая характеристика атомов элементов, физических и химических свойств простых веществ.

Ванадий, ниобий, тантал. Нахождение в природе. Способы их получения. Оксиды, гидроксиды, соли. Применение ванадия, ниобия, тантала. Сравнение свойств элементов главной и побочной подгрупп V группы.

#### **Элементы побочной подгруппы VI группы**

Общая характеристика атомов элементов, физических и химических свойств простых веществ.

Хром. Природные соединения хрома. Получение хрома и феррохрома. Применение хрома и его сплавов.

Получение, физические и химические свойства. Зависимость кислотно-основных свойств оксидов и гидроксидов хрома от величины условных зарядов и радиусов соответствующих ионов. Гидроксо- и оксохроматы (III). Комплексные соединения хрома (III). Окислительно-восстановительные свойства соединений хрома (III).

Хромовые кислоты, их свойства. Хроматы и дихроматы. Условия их существования. Соединения хрома (VI) как окислители. Хромовая смесь.

Молибден и вольфрам. Получение молибдена и вольфрама и их природных соединений. Понятие о порошковой металлургии. Свойства, применение молибдена и вольфрама и их сплавов. Оксиды и гидроксиды молибдена и вольфрама. Молибденовая и вольфрамовая кислоты и их соли. Сравнительная характеристика свойств элементов главной и побочной подгрупп VI группы.

#### **Элементы побочной подгруппы VII группы**

Общая характеристика атомов элементов. Физические и химические свойства простых веществ.

Марганец. Природные соединения марганца. Получение марганца из природных соединений. Применение марганца. Сплавы марганца. Ферромарганец. Соединения марганца. Оксиды и гидроксиды марганца. Зависимость их свойств от степени окисления атомов марганца. Марганцовистая и марганцовая кислоты, манганаты и перманганаты. Окислительные свойства манганатов и перманганатов. Зависимость окислительных свойств перманганатов от pH среды. Марганец как микроэлемент питания растений.

Технеций и рений. Свойства рения. Его оксиды и гидроксиды. Соли. Рениевая кислота и ее соли. Восстановительные свойства ренатов. Сравнительная характеристика свойств элементов главной и побочной подгрупп VII группы.

#### **Элементы побочной подгруппы VIII группы**

Общая характеристика атомов элементов. Физические и химические свойства простых веществ.

Элементы семейства железа. Распространенность в земной коре, важнейшие природные соединения, история открытия. Получение железа прямым восстановлением оксидов. Сплавы железа: чугуны, сталь, легированные стали. Химизм производства чугуна и стали.

Сравнение свойств важнейших соединений железа, кобальта и никеля (II) и (III), их получение и применение. Ферраты.

## **ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**

### **Теоретические основы органической химии**

Основные положения теории химического строения А. М. Бутлерова. Взаимное влияние атомов в молекуле. Молекулярные и структурные формулы. Современная теория строения органических соединений.

Изомерия органических соединений. Структурная изомерия: изомерия углеродного скелета, изомерия положения функциональных групп, таутомерия. Пространственная изомерия: конфигурационная (геометрическая, оптическая) и конформационная.

Электронное строение атома углерода. Гибридизация s- и p-орбиталей. Валентные состояния атома углерода.

Распределение электронной плотности в органических молекулах. Индукционный эффект (+I, -I). Эффект сопряжения (мезомерный эффект) (M, +M, -M). Виды мезомерных эффектов ( $\pi$ - $\pi$ ; p- $\pi$ ;  $\sigma$ - $\pi$ ).

Классификация органических реакций: а) по направлению реакции (замещение, присоединение, отщепление); б) по типу разрыва ковалентной связи или по характеру реагирующих частиц (радикальные и ионные реакции, нуклеофильные и электрофильные); примеры радикальных, нуклеофильных и электрофильных реагентов; в) по количеству частиц, участвующих в стадии, определяющей скорость реакции.

### **Углеводороды**

#### *Предельные углеводороды (алканы)*

Гомологический ряд. Изомерия. Номенклатура: историческая, рациональная, систематическая. Углеводородные радикалы, их изомерия. Пространственное и электронное строение молекул метана и этана. Методы получения алканов: а) без изменения углеродного скелета (восстановление алкилгалогенидов, гидрирование непредельных углеводородов, гидролиз магнийорганических соединений); б) с изменением углеродного скелета (реакции Вюрца - Шорыгина и декарбокислирование натриевых солей карбоновых кислот - метод Дюма). Физические и химические свойства алканов. Реакции радикального замещения (галогенирование, нитрование, сульфохлорирование). Механизмы реакций. Статический и динамический факторы. Хлорирование и бромирование пропана, стереохимия реакции. Значение реакций хлорирования, нитрования, сульфохлорирования.

Нефть, ее состав. Переработка нефти. Фракционная перегонка. Важнейшие нефтепродукты: бензин, дизельное топливо, реактивное топливо, керосин, смазочные масла, смазки, битум. Октановое число. Антидетонаторы. Крекинг и виды крекинга-процесса: термический и каталитический. Ароматизация нефтепродуктов.

Природный газ, его использование в химической промышленности.

#### *Этиленовые углеводороды (алкены)*

Гомологический ряд. Изомерия. Номенклатура. Электронное строение этиленовых углеводородов.

Методы получения алкенов: дегидратация спиртов, дегидрогалогенирование галогеноалканов и дегалогенирование вициальных дигалогеноалканов. Механизмы реакций отщепления E1 и E2. Правило Зайцева. Получение этиленовых углеводородов в промышленности.

Химические свойства, Реакции присоединения, перегруппировки карбениевых ионов, сопровождающих эти реакции. Гидратация этиленовых углеводородов. Электрофильный механизм и стереохимия реакций гидрогалогенирования этиленовых углеводородов. Правило В.В. Марковникова и объяснение его поляризацией  $\pi$ -связи (статический фактор) и устойчивостью промежуточных карбокатионов (динамический фактор). Галогенирование алкенов (механизм транс-присоединения). Реакции окисления: а) без разрыва углеродной цепи (цис- и транс-гидроксилирование, механизмы реакции); б) с разрывом углеродной цепи. Условия реакций. Озонирование этиленовых углеводородов.

Качественные реакции на кратные связи.

#### *Ацетиленовые углеводороды (алкины)*

Гомологический ряд. Изомерия. Номенклатура. Электронное строение и геометрия ацетиленовых углеводородов. Связь валентного состояния атома углерода с его электроотрицательностью. Кислотные свойства ацетилена.

Промышленные способы получения ацетилена (из карбида кальция и крекингом метана).

Химические свойства алкинов. Реакции присоединения. Сравнение реакционной способности этиленовых и ацетиленовых углеводородов в реакциях электрофильного присоединения. Гидрирование, гидрогалогенирование, гидратация, реакция Кучерова. Механизмы реакций. Получение из ацетилена и применение в промышленности органического синтеза хлорвинила, акрилонитрила, винилацетата, бутадиена, Реакции замещения. Получение ацетиленидов, реактивов Иоциха (использование их для получения гомологов ацетилена).

#### *Диеновые углеводороды с сопряжёнными связями (алкадиены)*

Современные представления о строении алкадиенов с сопряжёнными двойными свя-

зьями. Конфигурация молекулы 1,3-бутадиена. Схема перекрывания электронных облаков,  $\pi$ , $\pi$ -сопряжение.

Промышленные способы синтеза: а) 1,3-бутадиена из бутан-бутиленовой фракции крекинга нефти и из этилового спирта - работы С. В. Лебедева; б) изопрена из изопентана и в) хлоропрена из ацетилен.

Химические свойства. Механизм реакций электрофильного присоединения к бутадиену и изопрену, потенциальная кривая с учётом кинетического и термодинамического факторов. Гидрогалогенирование и галогенирование (1,2- и 1,4-присоединение). Диеновый синтез, диенофилы. Электролитические реакции диенов. Реакции внутримолекулярной циклизации. Правила Вудворта-Гофмана для фотохимических и термических реакций.

Каучук. Представления о строении натурального каучука (цис-полиизопрен). Синтетические каучуки (реакции полимеризации и сополимеризации). Механизм анионной, цепной полимеризации сопряженных диенов. Бутадиеновый, изопреновый, хлоропреновый, бутадиен-стирольный (СКС) и бутадиен-нитрильный (СКН) каучуки. Вулканизация каучука, резина.

#### *Галогенопроизводные углеводородов*

Изомерия, номенклатура. Получение галогенопроизводных из алканов, спиртов и этиловых углеводородов. Механизмы реакций.

Использование галогенопроизводных алканов для синтеза соединений других классов (спиртов, аминов, простых эфиров - реакция Вильямсона). Механизмы реакций нуклеофильного замещения  $S_N1$  и  $S_N2$ . Нуклеофильные реагенты. Понятие о нуклеофильности и основности. Движущая сила моно- и бимолекулярных реакций нуклеофильного замещения и потенциальные кривые течения реакций. Сопоставление реакционной способности первичных, вторичных, третичных алкилгалогенидов, галогенидов аллильного и винильного типов. Значение полярности и поляризуемости связей  $C - Hal$  в молекулах субстратов. Сравнение реакционной способности  $RCl$ ,  $RBr$ ,  $RI$  в реакциях типа  $S_N$ . Побочные реакции отщепления (механизмы  $E1$  и  $E2$ ). Факторы, влияющие на направление реакций  $S_N$  и  $E$ .

Важнейшие представители галогенопроизводных алканов: метилгалогениды, хлороформ, йодоформ, дихлорэтан, четыреххлористый углерод, фреоны.

#### **Кислородсодержащие органические соединения**

##### *Спирты*

Изомерия, номенклатура. Физические свойства, влияние на них водородных связей.

Способы получения. Окисление парафиновых углеводородов, гидролиз алкилгалогенидов, гидратация этиленовых углеводородов. Синтез спиртов из карбонильных соединений с использованием магнийорганических соединений. Промышленные способы получения и применение важнейших спиртов: этилового, метилового. Высшие спирты - стиролы.

Химические свойства. Кислотно-основные свойства спиртов. Теория кислот и оснований Бренстеда - Лоури и Льюиса, Сопряженные кислоты и основания. Сравнение кислотных и основных свойств первичных, вторичных и третичных спиртов. Алкоголяты. Реакции моно- и бимолекулярного нуклеофильного замещения гидроксильной группы в спиртах. Замещение гидроксильной группы на галоген (реакции с галогеноводородными кислотами и галогенидами фосфора). Дегидратация спиртов: условия, необходимые для получения простых эфиров и этиленовых углеводородов. Сложные эфиры минеральных кислот. Реакции алкилирования и ацилирования спиртов - получение простых и сложных эфиров. Алкилирующие и ацилирующие средства.

##### *Альдегиды и кетоны*

Электронное строение карбонильной группы.

Методы получения карбонильных соединений: окислением спиртов, из карбоновых кислот и их солей, из геминальных дихлорпроизводных, гидратацией алкинов (реакция Кучерова).

Химические свойства. Реакции присоединения водорода, цианистоводородной кислоты, магнийорганических соединений, спиртов. Механизм нуклеофильного присоединения к карбонильной группе ( $A_N$ ). Сравнение реакционной способности альдегидов и кетонов в реакциях нуклеофильного присоединения. Реакции окисления.

Промышленные способы получения и применение формальдегида, уксусного альдегида и ацетона.

#### *Карбоновые кислоты и их производные*

Электронное строение карбоксильной группы, индукционный и мезомерный эффекты.

Способы получения: из спиртов, альдегидов и галогено-алканов (через нитрилы и через магнийорганические соединения). Производство синтетической уксусной кислоты из ацетиленов.

Химические свойства. Кислотные свойства карбоновых кислот. Сравнение кислотных свойств органических кислот, воды, спиртов. Влияние строения органического радикала и заместителей в радикале на кислотные свойства карбоновых кислот. Основные свойства карбоновых кислот. Подвижность «альфа» - водородного атома.

Производные карбоновых кислот. Электронное строение производных карбоновых кислот. Получение хлорангидридов (действием  $PCl_5$  и  $PCl_3$  на карбоновые кислоты), ангидридов кислот (из хлорангидридов и солей карбоновых кислот), амидов кислот (из хлорангидридов и аммиака), сложных эфиров (реакцией этерификации). Сопоставление реакционной способности карбоновых кислот, хлорангидридов, сложных эфиров и амидов в реакциях бимолекулярного нуклеофильного замещения у ацильного атома углерода (кислотный и щелочной катализ, движущая сила реакции). Применение хлорангидридов и ангидридов в реакциях ацилирования аминов и спиртов.

Кетен: получение, строение, использование для промышленных синтезов.

Важнейшие представители карбоновых кислот: муравьиная, уксусная, пальмитиновая, стеариновая, олеиновая (геометрическая изомерия), линолевая. Значение высших непредельных кислот для процессов жизнедеятельности.

Липиды, их классификация. Жиры, их строение и состав. Гидролиз жиров. Гидрогенизация жиров. Стериды, фосфатиды. Их биологическое значение.

#### *Оксикислоты и оптическая изомерия*

Оптическая активность. Оптическая изомерия оксикислот (молочной, винной, хлоряблочной). Оптические антиподы, рацематы, диастереомеры: их физические и химические свойства. Проекционные формулы. Правила перевода тетраэдрической модели в формулу Фишера. Относительная (D, L) и абсолютная (R, S) конфигурация асимметрических центров винных кислот, эритро- и treo - изомеры.

Способы разделения рацематов на оптические антиподы (химический, биохимический, хроматографический, самопроизвольное расщепление при кристаллизации - работы Пастера).

Динамическая стереохимия. Введение асимметрического центра в оптически неактивную молекулу (гидрирование пировиноградной кислоты, присоединение цианистоводородной кислоты к уксусному альдегиду, бромирование пропионовой кислоты). Введение дополнительного асимметрического центра (асимметрическая индукция): присоединение цианистоводородной кислоты к D - глицериновому альдегиду (циангидриновый синтез), бромирование  $\beta$ -метилвалериановой кислоты.

#### *Аминокислоты*

Классификация. Изомерия. Номенклатура, Оптическая изомерия  $\alpha$ -аминокислот. Синтез аминокислот (аминирование  $\alpha$ -галогенокислот, из альдегидов и кетонов, гидролизом белка, микробиологический синтез).

Химические свойства. Амфотерность и образование биполярных ионов.

Комплексные соли с ионами меди (II). Реакции по карбонильной группе. Декарбокслирование  $\alpha$ -аминокислот. Реакции по аминогруппе (получение бетаинов, дезаминирование  $\alpha$ -аминокислот). Отношение к нагреванию  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -,  $\delta$ -аминокислот.

Биологическое значение  $\alpha$ -аминокислот.

### **Ароматические углеводороды и их производные**

*Бензол и его гомологи*

Гомологический ряд бензола. Строение молекулы бензола. Валентная изомерия. Валентные изомеры бензола: бициклогексадиен, призмат, бензвален. Современные представления о строении бензола, ароматичность. Промышленные способы получения бензола, толуола, этилбензола, изопропилбензола. Значение ароматических углеводородов для органического синтеза. Монозамещенные производные бензола. Индукционные и мезомерные эффекты электронодонорных и электроноакцепторных заместителей.

Правила ориентации для реакций электрофильного замещения (влияние заместителей в ядре на реакционную способность ароматических соединений и на место вступления второго заместителя). Объяснение правил ориентации на основе электронной теории: а) с учетом распределения электронной плотности в нереагирующей молекуле (индукционный и мезомерный эффекты электронодонорных и электроноакцепторных заместителей) - статический фактор; б) с учетом устойчивости образующихся в промежуточной стадии  $\sigma$  - комплексов (динамический фактор). Сравнение реакционной способности в реакциях электрофильного замещения монозамещенных производных бензола. Отличие галогена от других заместителей первого рода (орто-, пара- ориентантов). Совпадающая и несовпадающая ориентация в дизамещенных производных бензола.

*Производные ароматических углеводородов*

Механизм реакций электрофильного замещения в ароматических углеводородах (реакции нитрования, сульфирования, алкилирования, галогенирования в ядро).

Галогенопроизводные ароматического ряда. Введение галогена в ядро, механизм  $S_E$ . Цепной радикальный механизм реакций галогенирования в боковую цепь. Химические свойства галогенопроизводных ароматического ряда. Отличие реакционной способности галогена в ядре и боковой цепи в молекулах хлорбензола и хлористого бензила. Ариновый механизм замещения галогена в неактивированном ароматическом ядре. Механизм нуклеофильного замещения галогена в активированных электроноакцепторными группами производных бензола ( $S_{N2\text{аромат}}$ ).

Ароматические нитро- и аминосоединения. Строение нитрогруппы. Получение нитросоединений ароматического ряда. Механизм ( $S_E$ ). Реакции нитрования, катион нитрония. Нитрование толуола, фенола, анилина, нитробензола. Тринитротолуол, применение. Анилин, электронное строение, получение (Н.Н. Зинин). Взаимное влияние аминогруппы и бензольного ядра. Сравнение основных свойств анилина с основными свойствами аминов жирного ряда. Реакции алкилирования и ацилирования аминогруппы. Применение ароматических аминов.

Фенолы. Промышленные способы получения фенола из бензола с использованием в качестве промежуточных продуктов хлорбензола и изопропилбензола (кумольный метод Сергеева). Электронное строение фенола. Сравнение кислотных свойств фенолов, спиртов и карбоновых кислот. Применение фенола.

### **Углеводы**

Классификация. Моносахариды. Оптическая изомерия. Соединения D- и L- рядов; D (+) и L (-) - глицериновый альдегид. Число оптических изомеров пентоз и гексоз. Антиподы, диастереомеры, эпимеры. Кольчато - цепная таутомерия. Мутаротация. Карбонильные и циклические ( $\alpha$ - и  $\beta$ -) формы моносахаридов. Формулы Фишера, Хеуорса. Конформационные ( $C_1$ ) формулы  $\alpha$ - и  $\beta$ - D - глюкозы. Реакции, характерные для карбонильной формы: окисление глюкозы реактивом Фелинга, аммиачным раствором оксида серебра. Реакции циклических форм: метилирование и ацетилирование. Важнейшие представители моносахаридов: глюкоза, фруктоза, рибоза, дезоксирибоза. Основные этапы распада глюкозы в организме. Механизм первичного биосинтеза глюкозы путем карбоксилирования рибулозо-1,5-дифосфата.

Два типа дисахаридов (на примере мальтозы и сахарозы); различие в их строении и химических свойствах. Биологическое значение.

Высшие полисахариды. Общая характеристика. Крахмал, гликоген, целлюлоза: их строение. Кислотный и ферментативный гидролиз крахмала (промежуточные и конечный продукты). Гидролиз целлюлозы, его значение. Важнейшие производные целлюлозы: ди- и тринитраты, ди- и триацетаты; их применение для производства пластмасс, искусственных волокон, взрывчатых веществ, пленок, лаков. Производство вискозного волокна.

Роль углеводов в процессах жизнедеятельности.

### **Гетероциклы**

Пятичленные гетероциклы (фуран, тиофен, пиррол), их электронное строение. Сопоставление реакционной способности в реакциях нуклеофильного замещения пятичленных гетероциклов, бензола, анилина и фенола. Гем, биологическое значение.

Шестичленные и конденсированные гетероциклы (пиридин, пиримидин, пурин). Электронное строение пиридина; реакции электрофильного и нуклеофильного замещения в его молекуле. Сравнение реакционной способности пиридина, бензола, нитробензола. Пиримидиновые и пуриновые основания, встречающиеся в нуклеиновых кислотах. Нуклеозиды и нуклеотиды, АТФ и её роль в обмене веществ.

### **Элементоорганические соединения**

Классификация. Номенклатура. Природа химической связи Э-С. Металлоорганические соединения. Общая характеристика, получение, свойства металлоорганических соединений. Зависимость химических свойств от степени ионности связи углерод-металл. Реакция металлизации. Использование литий-, натрий-, магний и других металлоорганических соединений для синтезов. Работы А.М. Бутлерова, Е.Е. Вагнера, А.М. Зайцева и А.Н. Несмеянова в области металлоорганических соединений.

Комплексы переходных металлов. Области применения элементоорганических соединений.

## ***ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ***

*Полимерное состояние как особая форма существования вещества.* Основные понятия и определения. Полимер, олигомер, макромолекула и ее химическое звено. Степень полимеризации и контурная длина цепи. Полидисперсность. Конфигурация, стереохимия и конформация цепи. Гибкость макромолекул.

Классификация полимеров в зависимости от происхождения, химического состава и строения полимера. Природные и синтетические полимеры. Органические, неорганические, элементоорганические полимеры. Линейные, разветвленные, сшитые полимеры. Гомополимеры, сополимеры. Блок-сополимеры, привитые сополимеры. Гомоцепные и гетероцепные полимеры.

*Синтез полимеров.* Классификация основных методов получения полимеров.

Полимеризация. Термодинамика полимеризации. Понятие о полимеризационно-деполимеризационном равновесии.

Классификация цепных полимеризационных процессов.

Радикальная полимеризация. Инициирование радикальной полимеризации. Типы инициаторов. Реакции роста, обрыва и передачи цепи. Реакционная способность мономеров и радикалов. Радикальная сополимеризация.

Катионная полимеризация. Характеристика мономеров, способных вступать в катионную полимеризацию. Катализаторы и сокатализаторы. Рост и ограничение роста цепей при катионной полимеризации.

Анионная полимеризация. Характеристика мономеров, способных вступать в анионную полимеризацию. Катализаторы анионной полимеризации. Инициирование, рост и ограничение роста цепей при анионной полимеризации. «Живые цепи».

Координационно-ионная полимеризация в присутствии гомогенных и гетерогенных катализаторов типа Циглера-Натта. Принципы синтеза стереорегулярных полимеров.

Особенности ионной полимеризации циклических мономеров.

Поликонденсация. Типы реакций поликонденсации. Основные различия полимеризационных и поликонденсационных процессов. Термодинамика поликонденсации и поликонденсационное равновесие.

*Химические свойства и превращения макромолекул.* Особенности химического поведения макромолекул.

Химические реакции, не приводящие к изменению степени полимеризации макромолекул: полимераналогичные превращения и внутримолекулярные превращения. Особенности реакционной способности функциональных групп макромолекул.

Химические реакции, приводящие к увеличению степени полимеризации макромолекул. Сшивание полимеров (вулканизация каучуков, отверждение эпоксидных смол).

Химические реакции, приводящие к уменьшению степени полимеризации макромолекул. Деструкция полимеров. Деполимеризация. Термоокислительная и фотохимическая деструкция. Механодеструкция. Принципы стабилизации полимеров.

Использование химических реакций макромолекул для химического и структурно-химического модифицирования полимерных материалов и изделий. Привитие и блок-сополимеры - основные принципы синтеза и физико-химические свойства.

*Важнейшие представители полимеров.* Пластомеры (пластмассы), эластомеры (каучуки), волокна, лакокрасочные материалы, клеи.

Важнейшие представители пластомеров (получение, свойства, применение): полиэтилен, полистирол, поливинилхлорид, политетрафторэтилен, полиакрилаты, поликарбонаты, фенопласты, аминопласты.

Эластомеры (краткие характеристики и области применения): каучуки, полисилоксаны, полиуретаны.

Синтетические волокна: полиэфиры, полиамиды, полиакрилонитрил.

Лакокрасочные материалы: глифталевые и пентафталевые смолы, поливинилацетат.

## **ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**

### ***Строение вещества***

*Строение атома.* Экспериментальные обоснования представлений об атоме как сложной системе. Открытие электрона. Радиоактивность. Основные характеристики  $\alpha$ -  $\beta$ - и  $\gamma$ -лучей. Модель атома Томсона. опыты Резерфорда по рассеянию  $\alpha$ -частиц. Планетарная модель атома. Ее достоинства и недостатки. Исходные теоретические и экспериментальные предпосылки разрешения внутренних противоречий планетарной модели.

Волновая теория электромагнитного излучения. Излучение абсолютно черного тела. Уравнение Планка, кванты. Постоянная Планка, ее физический смысл. Корпускулярно-волновой дуализм излучения.

Экспериментальные подтверждения корпускулярных свойств излучения: фотоэффект и эффект Комптона. Объяснение фотоэффекта Эйнштейном. Фотоны. Спектры атомов.

Попытка применения гипотезы квантования для создания теории строения атомов (Н. Бор). Теория атома водорода по Бору. Объяснение спектра атома водорода. Внутренние противоречия теории атома водорода по Бору. Попытки их устранения.

Гипотеза де Бройля о двойственной природе материи. Корпускулярно-волновой дуализм частиц. Экспериментальные доказательства волновых свойств электрона и других микрочастиц. Волны де Бройля.

Принцип неопределенности Гейзенберга как фундаментальный закон природы. Примеры действия принципа неопределенности. Основные следствия принципа неопределенности. Принцип дополнительности (Н. Бор).

Общее уравнение волнового движения и его применение Шрёдингером для описания движения микрочастиц. Волновая функция как решение уравнения Шрёдингера. Интерпретация волновой функции М. Борном, Требования, предъявляемые к свойствам волновой функции. Роль уравнения Шрёдингера в квантовой механике. Постулаты квантовой механики. Квантово-механическая модель атома водорода. Решение уравнения Шрёдингера для атома водорода в

приближении неподвижного ядра, Нахождение вида функций радиальной и угловой составляющих. Введение квантовых чисел. Понятие «атомная орбиталь». Вид радиальной и угловых частей волновой функции атома водорода. Энергия атома водорода. Основное, возбужденное и вырожденные состояния.

Квантовые числа как параметры, определяющие состояние электрона в атоме. Главное ( $n$ ), орбитальное ( $l$ ), магнитное ( $m_l$ ) квантовые числа. Физический смысл квантовых чисел.

Собственный момент количества движения электрона. Спиновое квантовое число ( $m_s$ ).

*Многоэлектронные атомы.* Уравнение Шрёдингера для многоэлектронных атомов. Гамильтониан многоэлектронного атома. Невозможность точного решения уравнения Шрёдингера для многоэлектронной системы. Нулевое приближение. Одноэлектронное приближение. Метод самосогласованного поля Хартри-Фока. Атомные орбитали многоэлектронных атомов. Принцип Паули и определители Слэтера.

Атомные орбитали Слэтера. Эффективное главное квантовое число и заряд. Константа экранирования.

Энергетические уровни многоэлектронных атомов. Факторы, определяющие энергию атомных орбиталей многоэлектронных атомов.

Квантовые числа многоэлектронных атомов. Термы многоэлектронных атомов. Спектры многоэлектронных атомов. Многоэлектронный атом в магнитном и электрическом полях.

*Строение ядра.* Ядро как динамическая система протонов и нейтронов. Устойчивые и неустойчивые ядра. Модели строения ядра. Радиоактивный распад ядер. Период полураспада.

Ядерные реакции и превращения химических элементов. Искусственная радиоактивность. «Меченые» атомы и их применение. Использование ядерной энергии в мирных целях.

*Химическая связь.* Краткий очерк эволюции взглядов на сущность химической связи. Основные типы химической связи.

Ковалентная связь. Квантово-механические методы ее трактовки. Приближение Борна-Оппенгеймера. Расчет молекул водорода Гейтлером и Лондоном. Метод валентных связей (ВМС). Физическая идея метода: образование двуцентровых двухэлектронных связей, принцип максимального перекрывания АО.

Элементарные представления о методе валентных связей. Два механизма образования ковалентной связи: обобщение неспаренных электронов разных атомов и донорно-акцепторный механизм. Полярность связи. Дипольный момент связи. Свойства ковалентной связи: насыщенность, направленность, поляризуемость.

Насыщенность ковалентной связи. Ковалентности атомов элементов I, II и III периодов. Их максимальная ковалентность. Направленность ковалентной связи. Теория направленных валентностей. Гибридизация АО. Условия устойчивости гибридизации атомных орбиталей. Типы гибридизации и геометрия молекул. Полярность связей и полярность молекул в целом,  $\sigma$ - и  $\pi$ -связи. Делокализованные связи. Метод резонанса. Кратность (порядок) связи. Факторы, влияющие на прочность связи.

Поляризуемость ковалентной связи. Зависимость поляризуемости связи от ее длины. Поляризирующее действие воды.

Метод молекулярных орбиталей (ММО). Физическая идея метода: делокализация электронной плотности между всеми ядрами. Основные положения метода. Приближение линейной комбинации атомных орбиталей (МО ЛКАО).

Классификация молекулярных орбиталей по симметрии:  $\sigma$ - и  $\pi$ -молекулярные орбитали. Связывающие, несвязывающие и разрыхляющие МО. Энергетические диаграммы МО. Электронные конфигурации молекул.

Формальный порядок связи. Гомонуклеарные молекулы, образованные элементами 1 и 2 периодов. Зависимость кратности, прочности и длины связи, а также магнитных свойств от характера заполнения МО в этих молекулах. Объяснение парамагнетизма кислорода. Гетеронуклеарные двухатомные молекулы, образуемые элементами 2 периода. Оксид углерода(II), оксид азота(II). Сравнение методов ВС и МО.

Молекулярные орбитали многоатомных молекул. Полуэмпирические методы расчета

молекул. Метод молекулярных орбиталей Хюккеля. Применение к молекулам с сопряженными связями.

Ионная связь. Область применимости ионной модели. Уравнение Борна для ионных молекул. Ненаправленность и ненасыщаемость ионной связи. Координационные числа и структурные типы ионных кристаллических решеток. Роль соотношения ионных радиусов. Уравнение Борна для ионной кристаллической решетки. Константы Маделунга. Поляризация и поляризующее действие ионов, их влияние на характер ионной связи. Поляризуемость и поляризующая способность ионов.

Природа химической связи в комплексных соединениях. Рассмотрение ее с позиций метода валентных связей: вклад донорно-акцепторного и дативного взаимодействия в формирование связи металл-лиганд. Роль обменного механизма.  $\sigma$ -,  $\pi$ -,  $\delta$ - и кратные связи. Тип гибридизации и геометрическое строение комплексных частиц.

Основные положения теории кристаллического поля.  $d_{\gamma}$ -и  $d_{\epsilon}$ -орбитали: характер расщепления в тетраэдрическом и октаэдрическом поле лигандов. Высоко- и низкоспиновые комплексы. Спектрохимический ряд силы лигандов.

Описание связи в комплексных соединениях в рамках метода молекулярных орбиталей. Групповые орбитали лигандов и многоцентровые молекулярные орбитали. Порядок связи. Октаэдрические комплексы без  $\pi$ -связывания. Тетраэдрические комплексы с  $\pi$ -связями.

Водородная связь. Типы водородной связи. Межмолекулярная и внутримолекулярная водородные связи. Теории водородной связи. Влияние водородной связи на свойства веществ. Гидраты и клатраты. Роль водородной связи в биологических процессах.

Металлическая связь. Металлы и их характерные свойства. Применение метода молекулярных орбиталей для объяснения связей в металлах. Понятие энергетических зон. График зависимости числа разрешенных энергетических состояний от энергии. Валентная зона, запрещенная зона, зона проводимости. Проводники, полупроводники, диэлектрики.

*Строение и свойства молекул.* Геометрия молекул. Понятие равновесной геометрической конфигурации молекул. Параметры, определяющие геометрию молекулы: межъядерные расстояния (длины связей, валентные углы, углы внутреннего вращения). Зависимость длины связей от ближайшего окружения. Закономерности в равновесных значениях валентных углов. Интерпретация направленности химических связей (методы ВС и МО). Гибридизация атомных орбиталей и пространственная направленность химических связей. Недостатки концепции гибридизации как средства описания геометрической структуры молекулы. Теория отталкивания электронных пар валентных орбиталей (ОЭПВО). Правила Гиллеспи. Отклонения от предсказаний теории ОЭПВО. Качественная теория молекулярных орбиталей.

Определение геометрических параметров молекул. Дифракционные методы. Дифракция рентгеновских лучей. Рентгеновская кристаллография. Рентгеноструктурный анализ. Возможности и ограничения методов. Дифракция нейтронов. Дифракция электронов. Электронографический метод. Спектроскопические методы.

Средние энергетические свойства молекул. Энергетический критерий возможности существования совокупностей эффективных атомов как единой химической частицы - молекулы. Энергия образования молекул из свободных атомов. Парциальные энергии, сопоставляемые отдельным химическим связям, понятие энергии разрыва связи. Энергия образования молекулы как сумма энергий, сопоставляемых отдельным связям. Постоянство энергий связей одного вида в любых молекулах.

Энергетические свойства молекул. Электрический дипольный момент. Полярные и неполярные молекулы. Дипольный момент и симметрия молекулы. Экспериментальные методы измерения дипольных моментов. Деформация молекул во внешнем электрическом поле. Индуцированный момент и поляризуемость молекулы. Анизотропия поляризуемости, средняя поляризуемость. Связь молекулярных постоянных - дипольного момента и поляризуемости - с макроскопическими характеристиками веществ (диэлектрической проницаемостью, показателем преломления).

Магнитные свойства молекул, ядер, электронов. Магнитный момент и магнитная восприимчивость молекулы. Состояние молекулы в магнитном поле. Диамагнитные и парамагнитные вещества. Магнитная поляризация. Связь макроскопической характеристики - магнитной проницаемости - с магнитными свойствами молекул. Состояние ядер и электронов в магнитном поле. Условие ядерного магнитного резонанса. Химический сдвиг, его интерпретация и значение с точки зрения получения структурных данных. Спин-спиновое взаимодействие и тонкая структура спектров ядерного магнитного резонанса, Мультиплетность, константы спин-спинового взаимодействия. Условие электронного парамагнитного резонанса. Взаимодействие электронных и ядерных спинов, сверхтонкая структура спектров электронного парамагнитного резонанса.

Электронно-колебательно-вращательные состояния молекул. Полная энергия молекулы как сумма электронной, колебательной и вращательной составляющих. Относительное положение электронных, колебательных и вращательных уровней энергии молекулы. Вращательные, колебательные и электронные спектры молекул. Правила отбора для спектров испускания и поглощения. Структура спектров. Получение экспериментальных значений энергии диссоциации двухатомной молекулы, геометрических параметров и другой информации о молекулах из электронных, колебательных и вращательных спектров.

Межмолекулярные взаимодействия. Экспериментальные доказательства их существования. Общность физической природы внутримолекулярных и межмолекулярных взаимодействий. Приближенное описание межмолекулярных взаимодействий как суммы ориентационных (эффект Кезома), индукционных (эффект Дебая) и дисперсионных (эффект Лондона) взаимодействий.

Конденсированное состояние. Строение твердых тел. Классификация твердых тел. Кристаллическое состояние. Дальний порядок. Типы кристаллических решеток в зависимости от природы связи (ковалентная, ионная, металлическая, молекулярная). Свойства веществ с различными типами кристаллических решеток. Дефекты в кристаллах. Атомные дефекты. Примесные дефекты. Нестехиометричность. Линейные и плоские дефекты.

Строение жидкостей. Ближний порядок. Функции распределения частиц. Теории строения жидкостей.

### **Химическая термодинамика**

Первый закон термодинамики. Эквивалентность теплоты и работы. Внутренняя энергия и энтальпия системы. Приложение I закона термодинамики. Термохимия. Закон Г. И. Гесса и следствия из него. Расчет тепловых эффектов реакций, энергии связи, кристаллической решетки, гидратации, ионизации.

Второй и третий законы термодинамики. Энтропия. Изменение энтропии изолированных процессов и направление процесса. Зависимость энтропии от параметров состояния системы. Энергия Гиббса и энергия Гельмгольца как критерии положения равновесия и направленности самопроизвольных процессов. Зависимость термодинамических потенциалов от параметров состояния. Фундаментальные уравнения химической термодинамики.

Термодинамика химического равновесия. Основные признаки состояния химического равновесия. Термодинамический вывод закона действия масс. Уравнение изотермы химической реакции. Смещение химического равновесия, принцип Ле-Шателье. Влияние изменения концентрации на смещение равновесия. Влияние изменения температуры на смещение равновесия, уравнения изобары и изохоры химической реакции. Влияние изменения давления на смещение равновесия, уравнение Планка.

### **Растворы**

Термодинамическая теория растворов. Парциальные молярные величины и их значение в термодинамике растворов. Уравнение Гиббса-Дюгема. Идеальные, предельно разбавленные и неидеальные (реальные) растворы. Уравнение Рауля и Генри. Метод активностей Льюиса. Термодинамика растворов жидких летучих веществ. Законы Д. П. Коновалова.

Равновесие в системе летучий растворитель-нелетучее растворенное вещество (коллигативные свойства растворов неэлектролитов): понижение давления насыщенного пара раство-

рителя над раствором, понижение температуры замерзания и повышение температуры кипения, осмотическое давление. Законы Рауля и Вант-Гоффа. Значение коллигативных законов.

Отклонения в коллигативных свойствах растворов электролитов от свойств растворов неэлектролитов. Электролитическая диссоциация. Теория электролитической диссоциации С. Аррениуса. Изотонический коэффициент, его связь со степенью электролитической диссоциации. Закон разбавления Оствальда. Причины и механизм электролитической диссоциации.

Термодинамическая теория растворов электролитов. Понятие средней активности и среднего коэффициента активности; их связь с активностью и коэффициентом активности отдельных ионов, ионная сила раствора. Электростатическая теория растворов сильных электролитов Дебая и Хюккеля. Основные допущения теории Дебая-Хюккеля. Ионная атмосфера. Уравнения для коэффициента активности в первом, втором и третьем приближении теории Дебая-Хюккеля.

Электропроводность растворов электролитов. Зависимость удельной и эквивалентной электропроводности растворов электролитов от различных факторов. Физические основы теории электрической проводимости растворов Дебая-Хюккеля-Онсагера; электрофоретический и релаксационный эффекты; эффекты Вина и Дебая-Фалькенгагена. Кондуктометрия.

### **Электрохимия**

Равновесные электродные процессы. Термодинамика электрохимических систем.

Типы электродов. Электроды первого и второго рода Окислительно-восстановительные электроды. Ионоселективные электроды. Применение различных электродов.

Классификация электрохимических цепей: физические, концентрационные и химические цепи. Потенциометрия.

Неравновесные электродные процессы. Электролиз. Законы М. Фарадея. Скорость электрохимических процессов. Поляризация электродов при прохождении электрического тока. Теория замедленного разряда. Перенапряжение электрохимической реакции. Уравнение Тафеля. Вольтамперометрия.

Химическая и электрохимическая коррозия металлов. Защита от коррозии.

### **Поверхностные явления**

Поверхностные явления. Адсорбция. Типы адсорбции. Природа адсорбционных взаимодействий. Адсорбция на границах раздела жидкость-газ, жидкость-жидкость, раствор-твердое тело. Уравнения изотерм адсорбции Генри, Лэнгмюра, Фрейндлиха. Фундаментальное уравнение адсорбции Гиббса.

### **Химическая кинетика и катализ**

Химическая кинетика. Основные понятия химической кинетики. Кинетический закон действия масс. Зависимость константы скорости от температуры: правило Вант-Гоффа и уравнение Аррениуса. Классификация реакций в химической кинетике. Молекулярность и порядок реакций. Формальная кинетика односторонних (необратимых) реакций целого порядка в закрытых системах. Реактор идеального смешения и идеального вытеснения.

Сложные реакции в химической кинетике: двусторонние (обратимые), параллельные, последовательные, сопряженные и автокаталитические реакции. Принцип квазистационарности Боденштейна и область его применимости.

Цепные реакции. Элементарные процессы возникновения, продолжения, разветвления и обрыва цепей. Кинетика неразветвленных цепных реакций на примере темнового образования НВг. Кинетические особенности разветвленных цепных реакций на примере реакции окисления водорода в присутствии паров воды. Первый и второй пределы воспламенения. Полуостров воспламенения. Тепловой взрыв и условия воспламенения на третьем пределе.

Молекулярная кинетика. Теория активных столкновений в химической кинетике в применении к бимолекулярным реакциям. Ее приближенная и более строгая формулировка, формула Траутца-Льюиса. Истинная энергия активации.

Теория активированного комплекса (переходного состояния). Поверхность потен-

циальной энергии. Активированный комплекс. Профиль пути реакции. Энергия активации. Основные положения теории активированного комплекса. Статистический и термодинамический аспекты теории активированного комплекса.

Катализ. Общая характеристика катализа. Причина и механизм каталитического действия. Роль катализа в химии и промышленности.

Теория гомогенного катализа. Кислотно-основный катализ. Классификация реакций кислотно-основного катализа: специфический и общий кислотный и основный катализ, нуклеофильный и электрофильный катализ. Кинетика и механизм реакций кислотно-основного катализа.

Ферментативный катализ. Активность и специфичность ферментов. Кинетика ферментативных реакций, уравнение Михаэлиса-Ментен. Определение кинетических постоянных этого уравнения из опытных данных. Конкурентное и неконкурентное ингибирование ферментативных реакций.

Гетерогенный катализ. Активность и селективность катализаторов. Роль адсорбции в кинетике гетерогенных каталитических реакций. Профиль пути гетерогенной каталитической реакции, энергия активации. Неоднородность поверхности катализаторов. Теории гетерогенного катализа. Теория мультиплетов Баландина; принцип геометрического и энергетического соответствия. Теория активных ансамблей Кобозова.

### **КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ**

#### **Общая характеристика дисперсных систем.**

Признаки объектов коллоидной химии: гетерогенность и дисперсность. Основные характеристики дисперсных систем. Строение коллоидной мицеллы.

Классификация дисперсных систем: по степени дисперсности, агрегатному состоянию фаз, кинетическим свойствам дисперсной системы, топографическому признаку, термодинамической устойчивости и характеру образования.

Дисперсионные и конденсационные методы получения дисперсных систем. Термодинамика диспергирования и конденсации. Методы получения растворов высокомолекулярных веществ. Методы очистки: диализ, электродиализ и ультрафильтрация.

#### **Свойства дисперсных систем**

Молекулярно-кинетические свойства дисперсных систем. Броуновское движение и диффузия в дисперсных системах. Связь между средним сдвигом частиц и коэффициентом диффузии. Закон Эйнштейна-Смолуховского. Седиментация.

Оптические свойства. Явление рассеяния света. Эффект Тиндаля-Фарадея. Поглощение света и окраска золей.

Электрокинетические свойства дисперсных систем. Электроосмос. Электрофорез. Потенциалы течения и оседания. Электрокинетический потенциал.

Реологические свойства дисперсных систем. Классификация дисперсных систем по структурно-механическим свойствам. Вязкость дисперсных систем.

#### **Разрушение и устойчивость дисперсных систем**

Кинетическая, агрегативная и конденсационная устойчивость. Теории коагуляции Фрейндлиха, Мюллера, ДЛФО. Кинетика быстрой и медленной коагуляции.

Коагуляция под действием электролитов. Порог коагуляции. Критический потенциал. Правило значности. Коагуляция смесью электролитов. Явление синергизма и антагонизма. Взаимная коагуляция коллоидных растворов. Явление привыкания. Перезарядка золей.

### **ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

#### **Белки**

*Роль белков в организме.*

Ди- и полипептиды. Пептидная связь, её строение. Природные пептиды (глутатион, пептидные гормоны и их биологическая роль).

Белки, аминокислотный состав. Первичная, вторичная, третичная и четвертичная структура белковой молекулы. Белки простые и сложные. Строение инсулина, рибонуклеазы,

гемоглобина и коллагена. Физические и химические свойства белков.

Строение простых и сложных ферментов. Коферменты. Роль витаминов. Механизм действия ферментов. Особые свойства ферментов. Классификация ферментов. Характеристика основных классов ферментов. Понятие об изозимах. Иммунизация ферментов и её практическое значение.

### **Нуклеиновые кислоты**

Современные представления о структуре гена. Ген с генетической, биохимической и молекулярной точек зрения. Эволюция понятия один ген - один, фермент. Проблема генетического кода.

Первичная структура ДНК. Структура эукариотических генов.

Подвижные генетические элементы генома прокариот и эукариот.

Вторичная структура ДНК. Правила Э. Чаргаффа. Принцип комплементарности пуриновых и пиримидиновых оснований и его реализация в структуре ДНК.

Природа сил, удерживающих молекулу ДНК в биспиральном состоянии.

Физико-химические свойства ДНК.

Третичная структура ДНК и особенности организации хроматина в эукариотических клетках. Гистоны и негистоновые белки. Нуклеосомы.

Рибонуклеиновые кислоты, их классификация и строение. Сравнительная характеристика видов РНК по молекулярной массе, нуклеотидному составу, локализации и функциям. Первичная, вторичная и третичная структура РНК. Сходство и отличия в строении ДНК и РНК.

### **Общие понятие об обмене веществ и энергии в организме. Биологическое окисление**

Обмен веществ и энергии - неотъемлемое свойство всего живого. Анаболизм: и катаболизм.

Энергетика обмена веществ. Макроэргические соединения и макроэргические связи. Роль АТФ в энергетическом обмене. Классификация процессов биологического окисления.

Характеристика важнейших оксидоредуктаз. Ансамбли оксидоредуктаз.

Сопряжение биологического окисления с фосфорилированием. Окислительное фосфорилирование на уровне субстрата (в процессах гликолиза и брожения) и на уровне электротранспортной цепи. Дыхательная цепь ферментов, осуществляющих сопряжение окисления с фосфорилированием. Локализация окислительного фосфорилирования в клетке. Митохондрии, их структура и функции; строение митохондриальной мембраны. Роль мембранного потенциала.

#### *Обмен углеводов*

Содержание углеводов в различных продуктах питания. Гидролиз углеводов в желудочно-кишечном тракте (ЖКТ). Метаболизм моносахаридов. Обмен глюкозо-6-фосфата (дихотомический и апотомический пути, их соотношение в организме). Обмен гшривиноградной кислоты (ПВК). Гликолиз и гликогенолиз. Химизм спиртового брожения. Цикл трикарбоновых и дикарбоновых кислот. Роль активной уксусной кислоты. Энергетический эффект распада углеводов: сопоставление брожения, гликолиза и дыхания по этому показателю.

Биосинтез углеводов. Механизм первичного биосинтеза углеводов в процессе фотосинтеза и хемосинтеза. Роль нуклеозиддифосфатсахаров в биосинтезе олиго- и полисахаридов. Регуляция постоянства содержания глюкозы в крови.

#### *Обмен липидов*

Гидролиз липидов в ЖКТ. Роль желчи. Синтез собственного жира. Обмен глицерина и  $\beta$ -окисление ВЖК. Значение ацетил-КоА. Механизм биосинтеза ВЖК

Энергетический эффект окисления триглицеридов.

Регуляция обмена липидов. Нарушения обмена липидов.

#### *Обмен простых и сложных белков*

Гидролиз белков в ЖКТ. Метаболизм аминокислот. Механизм биосинтеза мочевины (орнитиновый цикл).

Пути обмена нуклеопротеидов. Конечные продукты распада пуриновых и пиримидиновых оснований.

Нарушения обмена белков.

### **Молекулярные механизмы передачи наследственной информации**

Виды передачи генетической информации (репликация, транскрипция и трансляция), их матричный механизм и особенности. Перенос вещества, энергии и информации.

Биосинтез нуклеиновых кислот (репликация ДНК). ДНК-полимеразы и их функции. Основные принципы репликации.

Биосинтез рибонуклеиновых кислот (транскрипция). Строение и функции РНК-полимеразы. Процессинг первичных транскриптов.

Биосинтез белка в клетке (трансляция). Строение и функции рибосом.

Особенности строения и передачи наследственной информации у прокариот. Плазмиды. Трансформация, трансдукция, конъюгация. Успехи в синтезе белка. Микробиологический синтез. Получение инсулина и белково-витаминных концентратов (БВК).

Проблемы генетической инженерии.

### **Водный и минеральный обмен**

Понятие о гомеостазе. Водный баланс организмов и его регуляция.

Роль минеральных веществ в организме, их обмен и регуляция.

### **Взаимосвязь обмена и основные механизмы клеточной саморегуляции**

Взаимосвязь обмена веществ в организме. Обмен веществ как единое целое. Роль ацетил-КоА в этом процессе.

Уровни регуляции жизненных процессов в живой природе.

Метаболитный уровень регуляции. Регуляция химических процессов в клетке за счет изменения активности ферментов.

Оперонный уровень регуляции. Строение оперона.. Механизм действия лактозного оперона.

Клеточный уровень регуляции. Проницаемость плазматической и клеточной мембран. Регуляция экспрессии генов. Регуляция при трансляции и посттрансляционном уровне.

Организменный уровень регуляции. Роль гормонов в регуляции процессов жизнедеятельности. Механизм действия пептидных и стероидных гормонов.

Популяционный уровень регуляции,

### **Избранные главы функциональной биохимии**

Кровь. Химический состав крови. Буферные системы крови и кислотно-основное равновесие. Дыхательная функция крови. Гемоглобин.

Печень. Химический состав печени. Ее роль в обменных процессах и детоксикации различных веществ.

Нервная ткань. Химический состав и особенности метаболизма нервной ткани. Плазматическая мембрана и мембранный транспорт. Химические основы возникновения и проведения нервных импульсов. Роль ионных каналов в совместной переработке информации нейронами. Химические механизмы приема сенсорной информации.

Химический состав мышечной ткани. Особенности метаболизма в мышцах. Строение и функции основных белков мышц - актина и миозина. Механохимия мышечного сокращения и расслабления.

Химический состав соединительной ткани. Коллаген.

Клеточная основа иммунитета. Функциональные свойства антител и создание их разнообразия.

### **Клетка - элементарная единица живого**

Современные представления о химическом составе и структуре клетки. Основное вещество цитоплазмы - гиалоплазма - внутренняя среда клетки.

Мембраны клетки и их функции. Молекулярная организация мембран.

Роль комплекса Гольджи и эндоплазматической сети в синтезе веществ. Химическая организация лизосом и их участие во внутриклеточном переваривании пищи.

Строение рибосом, их химическая организация и участие в биосинтезе белков.  
 Ультраструктурная организация митохондрий и их функции.  
 Ультраструктура хлоропластов и их функции в клетке.  
 Клеточное ядро и его химический состав.

### *Перечень примерных вопросов государственного экзамена по химии*

1. Термохимия. Закон Г. И. Гесса и следствия из него. Зависимость теплового эффекта от температуры. Расчет тепловых эффектов реакций, энергии связи, кристаллической решетки, сольватации.
2. Критерии направленности химических процессов в различных системах и условиях. Зависимость термодинамических функций от параметров состояния. Фундаментальные уравнения химической термодинамики Гиббса.
3. Термодинамика химического равновесия. Закон действующих масс. Уравнение изотермы химической реакции. Принцип Ле-Шателье. Влияние концентрации, температуры и давления на положение химического равновесия.
4. Общая термодинамическая теория растворов. Уравнение Рауля и Генри. Законы Д. П. Коновалова. Коллигативные свойства растворов неэлектролитов.
5. Кинетический закон действия масс. Зависимость скорости химической реакции от различных факторов. Влияние температуры на скорость химической реакции. Энергия активации. Формальная кинетика односторонних и двусторонних реакций в закрытых системах.
6. Молекулярная кинетика. Теория активных столкновений. Формула Траутца-Льюиса. Теория активированного комплекса (переходного состояния). Уравнение Эйринга. Статистический и термодинамический аспект теории активированного комплекса.
7. Теория гомогенного катализа. Кислотно-основной катализ. Кинетика и механизм реакций кислотно-основного катализа на примере специфического кислотного катализа.
8. Гетерогенный катализ. Роль адсорбции в кинетике гетерогенных каталитических реакций. Энергия активации гетерогенных каталитических реакций, профиль пути гетерогенной каталитической реакции. Теории гетерогенного катализа.
9. Растворы электролитов. Коллигативные свойства растворов электролитов. Теория электролитической диссоциации Аррениуса, ее достоинства и недостатки. Термодинамическая теория растворов электролитов. Электростатическая теория растворов сильных электролитов Дебая-Хюккеля.
10. Электропроводность растворов электролитов. Теория электропроводности Дебая-Хюккеля-Онсагера. Кондуктометрия.
11. Типы электродов. Электрохимические цепи. Потенциометрия.
12. Неравновесные электродные процессы. Электролиз. Законы М. Фарадея. Скорость электрохимических процессов. Поляризация при электролизе. Теория замедленного разряда. Перенапряжение электрохимической реакции. Уравнение Тафеля. Вольтамперометрия.
13. Дисперсные системы. Классификация дисперсных систем. Методы получения дисперсных систем; термодинамика диспергирования и конденсации. Строение коллоидной мицеллы.
14. Свойства дисперсных систем: молекулярно-кинетические, оптические, реологические, электрокинетические. Устойчивость и разрушение дисперсных систем.
15. Корпускулярно-волновой дуализм излучения и микрочастиц. Начала квантовой теории. Принцип неопределенности Гейзенберга. Уравнение Шредингера. Волновая функция, ее свойства и физический смысл. Атомная орбиталь. Квантовые числа. Многоэлектронные атомы. Энергия атомных орбиталей многоэлектронных атомов. Термы.

16. Описание химической связи в комплексных соединениях с позиции методов ВС, МО и теории кристаллического поля. Достоинства и недостатки каждого из этих методов.

17. Ионная связь. Область применимости ионной модели. Уравнения Борна для ионных молекул и ионной кристаллической решетки. Свойства ионной связи. Координационные числа и структурные типы ионных кристаллов. Водородная связь. Типы водородной связи. Энергия водородной связи. Влияние водородной связи на свойства веществ.

18. Металлическая связь. Применение метода МО для объяснения связей в металлах. Общая характеристика атомов элементов, физических и химических свойств щелочных металлов. Получение металлов. Важнейшие бинарные соединения щелочных металлов: гидриды, оксиды, пероксиды, соли. Медь, серебро, золото. Окислительно-восстановительные свойства их важнейших соединений. Комплексные соединения. Сравнительная характеристика свойств элементов главной и побочной подгруппы I группы.

19. Методы синтеза высокомолекулярных соединений. Цепные и ступенчатые процессы. Примеры.

20. Химические реакции высокомолекулярных соединений. Реакции без изменения и с изменением степени полимеризации. Старение и стабилизация полимеров.

21. Алканы. Методы синтеза алканов. Химические свойства алканов. Радикальное замещение в алканах. Механизм реакции. Термический и каталитический крекинг.

22. Алкены. Природа двойной связи в алкенах. Геометрическая изомерия алкенов (цис-, транс- и Z-, E-номенклатура). Методы синтеза. Электрофильное присоединение к алкенам. Механизм реакции. Правило Марковникова. 1,3-Алкадиены. Методы синтеза сопряженных диенов. Строение бутадиена-1,3, сопряжение двойных связей. 1,2 и 1,4-присоединение электрофильных агентов к 1,3-диенам.

23. Алкины. Природа тройной связи. Методы синтеза алкинов. Электрофильное присоединение к алкинам. Циклоолигомеризация алкинов.  $\text{C-H}$  кислотность алкинов-1.

24. Методы синтеза алкилгалогенидов. Нуклеофильное замещение у насыщенного атома углерода ( $\text{S}_{\text{N}}1$ - и  $\text{S}_{\text{N}}2$ -механизмы). Примеры реакций. Реакции элиминирования. Правило Зайцева. Конкуренция реакций. Конкуренция реакций элиминирования и замещения.

25. Спирты. Методы получения. Замещение гидроксильной группы спиртов на галоген. Дегидратация спиртов. Окисление спиртов. Фенолы. Методы получения фенолов. Спирты и фенолы как O-H кислоты. Влияние заместителей на кислотность фенолов. Получение эфиров фенолов. Реакции электрофильного замещения в ароматическом кольце фенолов.

26. Альдегиды и кетоны. Методы синтеза. Нуклеофильное присоединение к карбонильной группе.

27. Карбоновые кислоты. Получение карбоновых кислот. Химические свойства карбоновых кислот. Непредельные карбоновые кислоты. Жиры.

28. Производные карбоновых кислот. Получение галогенангидридов, сложных эфиров, ангидридов, нитрилов, амидов. Общий механизм нуклеофильного замещения у ацильного атома углерода.

29. Арены. Промышленные и лабораторные методы получения бензола и его гомологов. Современные представления о строении бензола. Общие представления о механизме реакций ароматического электрофильного замещения. Влияние заместителя на скорость и направление электрофильного замещения.

30. Амины как основания. Классификация аминов. Методы получения. Сравнение основных свойств алифатических и ароматических аминов. Реакции электрофильного замещения в бензольном кольце ароматических аминов.

31. Фуран, тиофен, пиррол, индол. Синтез из 1,4-дикарбонильных соединений (Пааль-Кнорр). Ароматичность. Ориентация электрофильного замещения в пятичленных ароматических гетероциклах.

32. Пиридин. Ароматический характер пиридина, сравнение с пирролом и бензолом. Пиридин как основание. Реакции электрофильного замещения в пиридине. Реакции нуклеофильного замещения в пиридине.

33. Водород. Кислород. Физические и химические свойства водорода, кислорода, озона. Соединения с металлами и неметаллами, их кислотно-основные и окислительно-восстановительные свойства. Водородные соединения кислорода. Межмолекулярные взаимодействия. Пероксиды металлов, их получение, свойства и применение.

34. Галогены. Общая характеристика атомов элементов и простых веществ. Водородные и кислородные соединения галогенов. Способы получения, физические и химические свойства, применение.

35. Сера, селен, теллур. Физические и химические свойства. Кислородные и водородные соединения серы, селена, теллура: строение молекул, сравнительная характеристика физических и химических свойств, получение, применение.

36. Азот. Физические и химические свойства азота. Соединения азота с водородом. Кислородные соединения азота. Строение молекул, устойчивость соединений азота, их получение и свойства.

37. Фосфор. Физические и химические свойства. Водородные и кислородные соединения фосфора: строение, свойства, получение. Мышьяк, сурьма, висмут, их соединения. Сравнение окислительно-восстановительных свойств соединений мышьяка, сурьмы и висмута в степени окисления (III) и (V).

38. Углерод. Физические и химические свойства углерода. Карбиды металлов. Соединения углерода с азотом и галогенами. Кислородные соединения углерода. Кремний. Получение и свойства. Водородные соединения кремния. Силициды металлов. Кислородные соединения кремния. Германий, олово, свинец. Физические и химические свойства их соединений, применение. Кислотно-основные и окислительно-восстановительные свойства соединений.

39. Общая характеристика атомов элементов главной подгруппы II группы. Физические и химические свойства простых веществ. Важнейшие бинарные соединения щелочноземельных металлов: гидриды, оксиды, пероксиды, галогениды, сульфиды, гидроксиды. Характеристика элементов подгруппы цинка. Нахождение в природе. Физические и химические свойства. Соединения цинка, кадмия, ртути: оксиды, гидроксиды, соли. Комплексные соединения. Способы получения металлов и их применение в технике. Сравнительная характеристика свойств элементов главной и побочной подгруппы II группы.

40. Алюминий. Физические и химические свойства алюминия, его получение. Аллюминотермия. Получение, свойства и применение характеристических соединений алюминия. Общая характеристика атомов элементов побочной подгруппы III группы. Сравнение свойств элементов главной и побочной подгрупп III группы.

41. Титан, цирконий, гафний. Физические и химические свойства простых веществ. Оксиды, гидроксиды, соли. Применение простых веществ и их соединений. Сравнение свойств элементов главной и побочной подгрупп IV группы.

42. Ванадий, ниобий, тантал. Физических и химических свойства простых веществ. Способы их получения. Оксиды, гидроксиды, соли. Сравнение свойств элементов главной и побочной подгрупп V группы.

43. Подгруппа хрома. Получение, физические и химические свойства простых веществ и их соединений. Комплексные соединения. Сравнительная характеристика свойств элементов главной и побочной подгрупп VI группы.

44. Марганец, технеций, рений. Характеристика соединений элементов подгруппы марганца. Оксиды и гидроксиды элементов, их окислительные и восстановительные свойства. Сравнительная характеристика свойств элементов главной и побочной подгрупп VII группы.

45. Элементы семейства железа. Сравнение свойств важнейших соединений железа, кобальта и никеля (II) и (III), их получение и применение. Комплексные соединения железа, кобальта, никеля.

46. Особенности электронных структур атомов элементов f-семейства. Возможные валентные состояния и степени окисления атомов. Лантаноиды. Физические и химические свойства простых веществ. Оксиды. Гидроксиды. Соли. Уран. Нахождение в природе. Получение, физические и химические свойства. Важнейшие соединения урана.

47. Качественный химический анализ катионов и анионов. Системы качественного анализа. Соотношение между классификацией катионов в анализе и периодической системой Д.И. Менделеева. Избирательность и специфичность реакций. Групповые и частные реакции. Дробный и систематический методы анализа.

48. Хроматографические методы анализа. Анализ и методы расчета хроматограмм. Классификация хроматографических методов. Хроматографические параметры. Качественный хроматографический анализ. Количественный хроматографический анализ. Методы расчета хроматограмм. Метод нормировки. Метод внешнего стандарта. Метод внутреннего стандарта.

49. Молекулярно-абсорбционные методы анализа. Аппаратура применяемая в колориметрии и спектрофотометрии. Закон Бугера-Ламберта-Бера. Молярный коэффициент поглощения. Спектры поглощения. Основные методы колориметрических определений: градуировочного графика, молярного коэффициента поглощения, добавок.

50. Электромагнитное излучение и его взаимодействие с веществом. Основы теории атомных и молекулярных спектров. Классификация оптических методов анализа. Основные узлы спектральных приборов. Спектральные термы. Интенсивность спектральных линий. Качественный спектральный анализ. Количественный и полуколичественный спектральный анализ.

51. Сущность гравиметрического анализа. Осаждаемая и гравиметрическая формы осадка. Выбор осадителя, неорганические и органические осадители. Общая оценка метода. Требования к осадкам и гравиметрической форме. Расчет массы анализируемой пробы и объема (массы) осадителя. Гравиметрический фактор. Механизм образования твердой фазы – теория кристаллизации. Условия получения осадка. Осаждение из гомогенных растворов. Загрязнение осадка: виды соосаждения, закономерности адсорбции на аморфных осадках, закономерности соосаждения на кристаллических осадках.

52. Сущность титриметрического анализа. Способы приготовления титрованных (стандартных) растворов. Приемы и методы титрования. Индикаторы. Индикаторы кислотно-основного титрования. Теория индикаторов. Интервал pH изменения окраски индикаторов. Показатель титрования pT. Рабочие растворы в методах кислотно-основного титрования. Кривые титрования. Индикаторные погрешности титрования. Водородная и гидроксильная ошибки титрования.

53. Общие методы синтеза элементоорганических соединений. Использование элементоорганических соединений в органическом синтезе.

54. Элементоорганические соединения. Природа химической связи Э-С и свойства элементоорганических соединений.

55. Роль белков в построении живой материи и осуществлении процессов жизнедеятельности. Аминокислоты. Структура белковой молекулы. Зависимость свойств белков от их строения. Строение и роль простых и сложных белков на примере актина, миозина, миоглобина и гемоглобина.

56. Биологически активные вещества. Классификация. Строение и механизм действия ферментов. Взаимосвязь витаминов, ферментов и гормонов. Влияние вредных привычек (наркомания, курение, алкоголизм) на эндокринную систему организма.

57. Внешняя среда и ее воздействие на организм, и жизнедеятельность человека. Химический состав и строение нуклеиновых кислот. Мутагены. Молекулярные механизмы мутаций. Наследственные болезни. Влияние наследственных заболеваний на формирование здорового поколения.

58. Организм как единая саморазвивающаяся и саморегулирующая биологическая система. Обмен веществ и энергии в организме как единое целое. Анаэробное и аэробное окисление – основные биохимические процессы получения энергии. Регуляция обмена веществ и её нарушение. Биоэнергетика и метаболизм – основа здорового образа жизни. Влияние физических упражнений на организм человека. Молекулярные основы скоростно-силовых способностей и выносливости.

59. Спектроскопические методы исследования. Резонансные методы: ЯМР -, ЭПР – спектроскопия. Сущность методов. Условия резонанса. Основные параметры методов: химический сдвиг, интенсивность, ширина линий, константа взаимодействия,  $J$ - фактор. Ядерный гамма – резонанс (ЯГР). Применение в химии.

60. Спектроскопические методы анализа. ИК-, УФ-, КР-спектроскопия. Масс-спектрометрия. Сущность методов. Применение в химии.

### *Примерный перечень задач*

1. При микрокристаллоскопическом открытии магния в виде фосфата  $MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$  минимальный объём исследуемого раствора равен 0,001 мл, открываемый минимум равен 0,012 мкг магния. Вычислить предельную концентрацию и предельное разбавление исследуемого раствора.

2. Вычислить концентрацию ацетат-ионов и степень диссоциации  $CH_3COOH$ , если к 1 М  $CH_3COOH$  прибавить  $HCl$  до рН 0,8 ( $K = 1,74 \cdot 10^{-5}$ ).

3. Муравьиную кислоту (23 г) растворяют в 10 л воды при 20 °С. Найдено, что концентрация ионов  $H^+$  равна  $3 \cdot 10^{-3}$  моль/л. Вычислите константу ионизации муравьиной кислоты.

4. Рассчитайте активности ионов  $K^+$  и  $SO_4^{2-}$  в 0,0170 М растворе сульфата калия.

5. Можно ли действием нитрита натрия в кислой среде восстановить  $MnO_4^-$  до  $Mn^{2+}$ .

( $E^\circ(NO_3^-/NO_2^-) = 0,94$  В)

6. Вычислите концентрацию цианида натрия, которую необходимо создать в 0,1 М растворе комплексной соли  $K[Ag(CN)_2]$ , чтобы предотвратить выпадение осадка иодида серебра при приливании к этому раствору равного объема 0,2 М раствора иодида калия.

7. Вычислить во сколько раз молярная растворимость сульфата свинца в чистой воде превышает растворимость этой соли в 0,01 М растворе серной кислоты.  $K_s(PbSO_4) = 1,6 \cdot 10^{-8}$ .

8. Вычислить константу и степень гидролиза 0,01 н. раствора формиата калия  $HCOOK$ , если  $K_{HCOOH} = 1,8 \cdot 10^{-4}$ .

9. Вычислите, во сколько раз молярная растворимость хромата серебра в чистой воде превышает растворимость этой соли в 0,01 М растворе хромата натрия.  $K_s(Ag_2CrO_4) = 1,1 \cdot 10^{-12}$ .

10. Вычислите, во сколько раз растворимость иодида свинца (II) в чистой воде меньше растворимости его в 0,034 М растворе нитрата магния.  $K_s(PbI_2) = 1,1 \cdot 10^{-9}$ .

11. Вычислите гравиметрический фактор для определения  $Na_2S_2O_3$ , если гравиметрической формой является соединение состава  $BaSO_4$ .

12. Вычислить потери  $PbSO_4$  (г и %) за счет растворимости осадка, если к 20 мл 0,1 М  $Pb(NO_3)_2$  добавлен полутонный избыток 0,1 М  $H_2SO_4$ .

13. Рассчитайте оптимальный объём осадителя - 1%-ного раствора диметилглиоксима  $C_4H_8N_2O_2$  для гравиметрического определения никеля (II) в виде бисдиметилглиоксимата никеля (II)  $NiC_8H_{14}N_4O_4$  (осаждаемая и гравиметрическая форма). Анализируемый

раствор содержит массу никеля (II), равную приблизительно 0,025 г. Плотность раствора осадителя принять равной  $1 \text{ г/см}^3$ . Оптимальный объем раствора осадителя берется в полтора кратном избытке по сравнению со стехиометрическим.

14. В растворе, содержащем ионы хлора, хлор осажден в виде  $\text{AgCl}$ , масса которого после высушивания оказалась равной 0,1562 г. Вычислить содержание хлора в растворе (в граммах).

15. Какой объем минеральной воды, содержащей 0,35 г/л сульфата натрия, необходим для проведения трех параллельных гравиметрических определений сульфат-иона в виде сульфата бария?

16. Навеска 0,5312 г карбоната натрия растворена в мерной колбе емкостью 100,0 мл. Определить титр и молярную концентрацию эквивалента.

17. К 15 мл 0,03 М раствора муравьиной кислоты прибавлено 12 мл 0,15 М раствора формиата калия. Вычислить pH этой смеси ( $K_{\text{НСООН}} = 1,77 \cdot 10^{-4}$ ).

18. 1,1622 г поваренной соли растворили в воде и раствор разбавили до 200,0 мл. К 20,0 мл этого раствора прибавили 25,0 мл 0,10 н. раствора нитрата серебра. На титрование избытка раствора нитрата серебра израсходовали 5,8 мл 0,090 М раствора роданида аммония. Определить массовую долю (в %) хлорида натрия в образце соли.

19. В мерной колбе на 500,0 мл растворена серная кислота. На титрование 25,0 мл полученного раствора расходуется 26,2 мл раствора  $\text{NaOH}$  ( $T_{\text{NaOH/HCl}} = 0,003610 \text{ г/мл}$ ). Сколько граммов  $\text{H}_2\text{SO}_4$  было введено в колбу?

20. Рассчитайте погрешность титрования 0,1000 М раствора муравьиной кислоты 0,1000 М раствором гидроксида натрия, если в качестве индикатора взят нейтральный красный ( $pT = 7,40$ ).

21. При определении железа в пробе сточной воды объемом 200,0 мл его окислили до  $\text{Fe}^{3+}$ , осадили аммиаком, отделили осадок от раствора и после растворения осадка в соляной кислоте оттитровали железо, израсходовав 5,14 мл 0,0050 М раствора ЭДТА. Рассчитайте общую концентрацию железа в воде.

22. Какой объем 39%-ного раствора серной кислоты (плотностью 1,30 г/мл) надо взять для приготовления 1,5 л 0,1 н раствора?

23. Дано 2,4265 г концентрированной азотной кислоты, которую растворили в мерной колбе емкостью 200 мл. На 20,00 мл 0,1 н раствора гидроксида натрия израсходовано 25,00 мл приготовленного раствора азотной кислоты. Определить процентное содержание азотной кислоты в анализируемой кислоте.

24. Титр хлороводородной кислоты по оксиду кальция равен 0,002870 г/мл. Сколько миллилитров этого раствора потребуется для реакции с 0,2000 г оксида кальция?

25. На водоумягчительную станцию поступает вода, содержащая 200 мг/л  $\text{Ca}^{2+}$ , 28 мг/л  $\text{Mg}^{2+}$ , 110,5 мг/л свободного углекислого газа и 305,1 мг/л  $\text{НСО}_3^-$ . Рассчитайте дозу извести (в пересчете на  $\text{CaO}$ ), если станция имеет в наличии товарную известь второго сорта с массовой долей  $\text{CaO}$  70%. Для осветления воды доза коагулянта  $\text{FeCl}_3$  35 мг/л в пересчете на безводное вещество. Определите карбонатную, некарбонатную и общую жесткость воды.

26. В колонну синтеза поступает азотоводородная смесь со скоростью 30000  $\text{м}^3/\text{с}$ . Определите, сколько аммиака (в кг) образуется за один цикл, если концентрация аммиака на входе в колонну 4% (по объёму), на выходе – 16% (по объёму).

27. Определите производительность колонны синтеза аммиака, если объёмная скорость газа 30000  $\text{ч}^{-1}$ , содержание аммиака в азотоводородной смеси на входе 4%, на выходе 20%, высота колонны 14 м, внутренний диаметр 850 мм, степень использования внутреннего объёма 35%.

28. Определите необходимую степень очистки производственных сточных вод от вредных веществ, если в сточных водах содержатся загрязнители в указанных концентрациях (*Сис*)

ЗВ мг/л	Ni	Mo	As	Cu
<i>C<sub>ис</sub></i>	1,15	1,1	0,6	2,1
<i>C<sub>ф</sub></i>	0,003	0,0005	0,002	0,0005
ПДК <sub>рх</sub> , мг/л	0,01	0,001	0,05	0,001
ПДК <sub>кб</sub> , мг/л	0,02	0,07	0,01	1,0

и вода до места сброса характеризуется фоновыми концентрациями (*C<sub>ф</sub>*), кратностью разбавления

29. На заводе сточные воды, содержащие загрязнители в указанных концентрациях (*C<sub>ис</sub>*) пропускают через очистные сооружения, достигается 60 % степени очистки. После очистки сточные воды сбрасывают в водоем.

ЗВ мг/л	Zn	Pb	Fe	Cd
<i>C<sub>ис</sub></i>	1,5	1,8	1,3	1,8
<i>C<sub>ф</sub></i>	0,006	0,005	0,04	0,0008
ПДК <sub>рх</sub> , мг/л	0,01	0,01	0,1	0,005
ПДК <sub>кб</sub> , мг/л	1,0	0,01	0,3	0,001

Кратность разбавления 60. Фоновые концентрации в воде этих веществ (*C<sub>ф</sub>*). Определить, соответствует ли санитарным нормам вода в водоеме после сброса очищенных сточных вод.

30. Сточные воды механического цеха машиностроительного завода сбрасывают в водоём хозяйственно-бытового и культурно-бытового водопользования. Степень очистки сточных вод 30 %. Кратность разбавления  $n = 60$ . Состав сточных вод, фоновые и исходные концентрации приведены в таблице.

ЗВ	ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Группа ЛПВ	<i>C<sub>ф.и</sub></i> , мг/м <sup>3</sup>	<i>C<sub>ис.и</sub></i> , мг/м <sup>3</sup>
Минер. масла	0,1	орг.	0,003	30
Аммиак	1,5	орг.	0,01	3
Хлориды	350	орг.	200	400
Натрий	200	с.-т.	0,8	300

Определить соответствует ли санитарным нормам вода, если нет, то рассчитать необходимую степень очистки.

31. Вычислить концентрацию ионов водорода и салицилат-ионов в 0,001 М салициловой кислоте ( $K = 1,1 \cdot 10^{-3}$ ).

32. Вычислите концентрацию ионов комплексообразователя и аммиака в 0,1 М растворе тетрааммино-медь-II-сульфата  $[Cu(NH_3)_4]SO_4$ .

33. В 1 л насыщенного раствора содержится  $1,99 \cdot 10^{-8}$  г гидроксида железа (III). Вычислите произведение растворимости гидроксида железа (III).

34. Произведение растворимости сульфида сурьмы (III)  $1,6 \cdot 10^{-93}$ . Вычислите растворимость сульфида сурьмы (III) в молях и граммах на литр.

35. Произведение растворимости хромата кальция  $CaCrO_4$  равно  $7,1 \cdot 10^{-4}$ . Вычислите растворимость этой соли в молях и граммах на литр насыщенного раствора с учетом коэффициентов активности ионов.

36. Навеску пирита массой 0,56 г, содержащего около 30% серы, растворили в мерной колбе вместимостью 200,0 мл. Какую аликвоту полученного раствора следует взять для анализа, чтобы получить 0,3 г сульфата бария?

## **5 ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

Для обучающихся из числа инвалидов государственная итоговая аттестация проводится с учетом особенностей их психофизического развития, их индивидуальных возможностей и состояния здоровья.

При проведении государственной итоговой аттестации обеспечивается соблюдение следующих общих требований:

- проведение государственной итоговой аттестации для инвалидов в одной аудитории совместно с обучающимися, не имеющими ограниченных возможностей здоровья, если это не создает трудностей для обучающихся при прохождении государственной итоговой аттестации;
- присутствие в аудитории ассистента (ассистентов), оказывающего обучающимся инвалидам необходимую техническую помощь с учетом их индивидуальных особенностей (занять рабочее место, передвигаться, прочесть и оформить задание, общаться с членами государственной экзаменационной комиссии);
- пользование необходимыми обучающимся инвалидам техническими средствами при прохождении государственной итоговой аттестации с учетом их индивидуальных особенностей;
- обеспечение возможности беспрепятственного доступа обучающихся инвалидов в аудитории, туалетные и другие помещения, а также их пребывания в указанных помещениях (наличие пандусов, поручней, расширенных дверных проемов, лифтов, при отсутствии лифтов аудитория должна располагаться на первом этаже, наличие специальных кресел и других приспособлений).

Разработчики: Егорова И.В., доктор химических наук, профессор кафедры химии, заведующая кафедрой химии;

Трофимцова И.А., кандидат химических наук, доцент кафедры химии, декан естественно-географического факультета;

Иваченко Л.Е., доктор биологических наук, профессор кафедры химии.

Жидков В.В., кандидат химических наук, доцент кафедры химии;

Панова Л.П., кандидат химических наук, доцент кафедры химии;

Родионова Н.А., кандидат химических наук, доцент кафедры химии.

Кашина В.А., к.г.-м.н., доцент кафедры химии;

Андрущенко В.Ю., преподаватель кафедры химии.

## **6 ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ И ДОПОЛНЕНИЙ**

**Утверждение изменений и дополнений в программу государственной итоговой аттестации для реализации в 2026/2027 уч.г.**

Программа государственной итоговой аттестации пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2026/2027 учебном году. на заседании кафедры химии (протокол № 8 от 28 мая 2026 г.