

# Белорусский государственный университет

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебной работе  
и образовательным инновациям

О.Г.Прохоренко

18 июня 2024 г.

Регистрационный № УД-1371/6.



## **АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**

**Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине для специальностей:**

**6-05-0531-01 Химия;**

**6-05-0531-02 Химия лекарственных соединений;**

**6-05-0531-04 Химия (научно-педагогическая деятельность);**

**7-07-0531-01 Фундаментальная химия;**

**7-07-0531-02 Химия высоких энергий**

2024 г.

Учебная программа составлена на основе:  
ОСВО 6-05-0531-01-2023 от 10.08.2023 г., ОСВО 6-05-0531-02-2023 от 04.08.2023 г., ОСВО 7-07-0531-02-2023 и 7-07-0531-02-2023 от 10.08.2023 г., ОСВО 6-05-0531-04-2023 от 26.10.2023 г.; а также учебных планов БГУ №№ 6-5.5-41/01, 6-5.5-41/02, 6-5.5-41/03, 6-5.5-42/01, 6-5.5-42/02, 6-5.5-43/01, 7-5.5-68/01, 7-5.5-69/01 от 15.05.2023 г.

**СОСТАВИТЕЛИ:**

И.В. Мельситова, доцент кафедры аналитической химии Белорусского государственного университета, кандидат химических наук, доцент;

С.М. Лещев, профессор кафедры аналитической химии Белорусского государственного университета, доктор химических наук, профессор;

Е.Г. Рагойжа, старший преподаватель кафедры аналитической химии Белорусского государственного университета.

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

А.Л. Козлова-Козыревская, заведующий кафедрой химии Белорусского государственного педагогического университета имени М.Танка, кандидат химических наук, доцент;

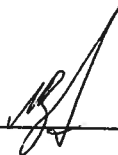
Е. И. Василевская, доцент кафедры неорганической химии Белорусского государственного университета, кандидат химических наук, доцент.

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой аналитической химии  
(протокол №21 от 16.05.2024 г.)

Научно-методическим Советом БГУ  
(протокол № 8 от 31.05.2024 г.)

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_



Заяц М.Ф.

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебная дисциплина «Аналитическая химия» является одной из важнейших фундаментальных дисциплин в системе химического образования. Курс аналитической химии является одним из основных курсов в системе химического образования большинства университетов. Изучение аналитической химии опирается на знание студентами основ химии, физики и математики в объеме программ обязательного среднего (полного) образования и неорганической химии.

Аналитическая химия – наука, развивающая теоретические основы химического анализа веществ и материалов и разрабатывающая методы идентификации, обнаружения, разделения и определения химических элементов и их соединений, а также методы установления химического строения веществ.

**Цель данной учебной дисциплины** – формирование современного естественнонаучного мировоззрения и системных знания о свойствах веществ и особенностях их реакционной способности, и определяемых ими возможностях их разделения, выделения и концентрирования с целью последующего определения.

### **Задачи данной учебной дисциплины:**

- ознакомить студентов с классическими методами химического анализа, их теоретическими основами, аналитическими возможностями, химико-аналитическими приборами и оборудованием, использованием результатов измерений и наблюдений для целей качественного и количественного анализа различных объектов;
- показать значение аналитической химии в будущей профессиональной деятельности и применение классических методов химического анализа для решения научных и производственных задач отрасли;
- показать при изучении курса тесную связь аналитической химии с новейшими достижениями других наук и ее роль в развитии этих наук путем разработки новых методов анализа и контроля;
- сформировать навыки самостоятельной работы с учебной и специальной литературой, навыки проведения химического эксперимента, умения обобщать и обсуждать экспериментальные результаты.
- обеспечить общенаучную подготовку будущих специалистов по аналитической химии в плане непрерывной химической подготовки с учетом будущей специальности;

**Связи с другими учебными дисциплинами:** Дисциплина «Аналитическая химия» базируется на знаниях, полученных студентами ранее в ходе изучения дисциплин «Основы информационных технологий» и «Неорганическая химия», а также востребована в дальнейшем при изучении дисциплин «Органическая химия», «Физико-химические методы анализа».

**Место учебной дисциплины** в системе подготовки специалиста с высшим образованием.

Учебная дисциплина относится к модулю «Аналитическая химия: Химические методы» государственного компонента высшего образования.

Содержание данной учебной дисциплины служит основой для последующего более детального рассмотрения теоретических вопросов химии в таких учебных дисциплинах, как «Физическая химия», «Электрохимия», «Физико-химические методы анализа», «Инструментальные и хроматографические методы анализа», «Современная аналитическая химия», а также в ряде специальных курсов и курсов по выбору студентов, предлагаемых кафедрой аналитической химии.

Учебная программа по учебной дисциплине «Аналитическая химия» включает в себя следующие разделы: вводную часть, общие теоретические основы аналитической химии, методы обнаружения и разделения, методы количественного определения веществ, метрологию химического анализа и аналитическую химию реальных объектов.

В связи с этим, после изложения вводной части курса, включающей историю аналитической химии и общее рассмотрение ее методов, излагаются обязательные для данного курса представления о химическом равновесии. Основное внимание при этом уделяется факторам, определяющим состояние химического равновесия и принципиальным возможностям использования этих факторов для управления химическими превращениями в гомогенных и гетерогенных системах.

Все разновидности возможных химических процессов и их сочетаний оцениваются с точки зрения формирования аналитического сигнала, определяемого визуально, и его функциональной связи с природой и концентрацией компонентов исследуемых вещественных систем. При этом всесторонне показывается роль методов предварительного разделения и концентрирования с целью получения достоверных сведений о составе анализируемого объекта. Отдельно рассматриваются вопросы оценки воспроизводимости и точности.

#### **Требования к компетенциям**

В результате изучения учебной дисциплины студент должен закрепить и развить следующие компетенции:

6-05-0531-01 Химия, 6-05-0531-04 Химия (научно-педагогическая деятельность)

Универсальные:

УК-1. Владеть основами исследовательской деятельности, осуществлять поиск, анализ и синтез информации.

УК-5. Быть способным к саморазвитию и совершенствованию в профессиональной деятельности.

УК-6. Проявлять инициативу и адаптироваться к изменениям в профессиональной деятельности.

Базовые профессиональные:

БПК-4: Осуществлять поиск и анализ данных по изучаемой проблеме в научной литературе, составлять аналитические обзоры, готовить научные статьи, сообщения, рефераты, доклады и материалы к презентациям.

БПК-5. Проводить качественный и количественный анализ химических соединений и их смесей в соответствии со спецификой групповых и индивидуальных свойств составляющих их компонентов.

#### 6-05-0531-02 Химия лекарственных соединений

Универсальные:

УК-1. Владеть основами исследовательской деятельности, осуществлять поиск, анализ и синтез информации.

УК-5. Быть способным к саморазвитию и совершенствованию в профессиональной деятельности.

УК-6. Проявлять инициативу и адаптироваться к изменениям в профессиональной деятельности.

Базовые профессиональные:

БПК-2: Осуществлять поиск и анализ данных по изучаемой проблеме в научной литературе, составлять аналитические обзоры, готовить научные статьи, сообщения, рефераты, доклады и материалы к презентациям.

БПК-3. Проводить качественный и количественный анализ химических соединений и их смесей в соответствии со спецификой групповых и индивидуальных свойств составляющих их компонентов.

#### 7-07-0531-01 Фундаментальная химия, 7-07-0531-02 Химия высоких энергий

Универсальные:

УК-5. Быть способным к саморазвитию и совершенствованию в профессиональной деятельности, развивать инновационную восприимчивость и способность к инновационной деятельности.

УК-6. Проявлять инициативу и адаптироваться к изменениям в профессиональной деятельности, быть способным к прогнозированию условий реализации профессиональной деятельности и решению профессиональных задач в условиях неопределенности.

Базовые профессиональные:

БПК-4: Осуществлять поиск и анализ данных по изучаемой проблеме в научной литературе, составлять аналитические обзоры, готовить научные статьи, сообщения, рефераты, доклады и материалы к презентациям.

БПК-5. Проводить качественный и количественный анализ химических соединений и их смесей в соответствии со спецификой групповых и индивидуальных свойств составляющих их компонентов.

В результате освоения учебной дисциплины студент должен:

**знать:**

- теоретические основы аналитической химии, включающие помимо учения о химическом равновесии, групповые и индивидуальные свойства ионов и веществ;

- методы предварительного разделения и концентрирования определяемых веществ для получения достоверных сведений о составе объекта;

- конкретные способы определения химического состава различных объектов, включая вещества и продукты природного и синтетического происхождения.

**уметь:**

- решать расчетные задачи по выбору оптимальных условий проведения реакций обнаружения, а также процессов разделения и концентрирования веществ;

- выбирать оптимальный и наиболее эффективный метод определения состава анализируемого объекта.

**владеть:**

основными приемами работы в химико-аналитической лаборатории, которые включают операции осаждения, титрования, взвешивания, экстрагирования, пробоподготовки.

**Структура учебной дисциплины**

Дисциплина изучается в 3 семестре. Всего на изучение учебной дисциплины «Аналитическая химия» отведено 310 часов, в том числе 172 аудиторных часов, общая трудоемкость 9 зачетных единиц.

Распределение трудоемкости следующее:

лекции – 36 часов, семинарские занятия – 8 часов, практические занятия – 28 часов, лабораторные занятия – 90 часов, аудиторный контроль управляемой самостоятельной работы – 10 часов.

Форма промежуточной аттестации – экзамен и зачет.

Дисциплина «Аналитическая химия» предусматривает выполнение курсовой работы.

# **СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА**

## **Раздел 1. Теоретические основы аналитической химии**

### **Тема 1.1. Введение. Предмет, задачи и методы аналитической химии**

Основные этапы развития аналитической химии.

Предмет, задачи и проблемы современной аналитической химии, ее место среди других наук, связь с практикой. Значение химии в народном хозяйстве Республики Беларусь.

Основные задачи и методы аналитической химии: снижение пределов обнаружения, повышение точности; обеспечение экспрессности, следовый анализ и анализ микрообъектов, анализ без разрушения, локально-распределительный анализ, дистанционный анализ.

Химические, физико-химические, физические и биологические методы анализа. Макро-, микро- и ультрамикроанализ.

### **Тема 1.2. Закон действующих масс. Активность. Теория сильных электролитов**

Полнота и скорость протекания реакции как основные предпосылки ее аналитического применения.

Термодинамические характеристики протекания химической реакции.

Константы равновесия реакций различных типов. Активность. Теория сильных электролитов Дебая-Хюккеля.

Совмещенные равновесия. Мольная доля и коэффициент побочной реакции.

Термодинамическая, концентрационная и условная константы равновесия.

Скорость химической реакции. Катализаторы и ингибиторы.

Растворители и их важнейшие характеристики (полярность, донорно-акцепторные свойства, структура). Электролиты и неэлектролиты. Сольватация, ионизация, диссоциация и ассоциация растворенных веществ.

Общая оценка способности ионов участвовать в различных типах реакций в связи с положением в Периодической системе Д.И.Менделеева.

### **Тема 1.3. Кислотно-основные равновесия в анализе, теории кислот и оснований**

Современные представления о кислотах и основаниях. Теория Бренстеда-Лоури. Равновесия в системах кислота - сопряженное основание. Влияние природы растворителя на кислотно-основные свойства веществ.

Константа автопротолиза растворителя. Шкалы кислотности в различных растворителях. Нивелирующие и дифференцирующие растворители.

Буферные растворы и их свойства. Буферная емкость.

Другие теории кислот и оснований.

#### **Тема 1.4. Реакции комплексообразования в анализе. Органические реагенты в аналитической химии**

Типы комплексных соединений, используемых в аналитической химии. Свойства комплексных соединений, имеющих аналитическое значение: устойчивость, растворимость, окраска, летучесть.

Строение комплексных соединений. Теория Вернера. Внутрисферные и внешнесферные комплексы, однолигандные и разнолигандные, моноядерные и полиядерные комплексные соединения.

Константы образования (ступенчатые, общие) комплексных соединений.

Функция образования (среднее лигандное число), функция закомплексованности, степень образования комплекса.

Факторы, влияющие на устойчивость комплексных соединений: электронное строение центрального атома и лиганда, рН, ионная сила. Взаимодействие органических реагентов с неорганическими ионами. Теория аналогий взаимодействия ионов металлов с неорганическими и органическими реагентами.

Теория «жестких» и «мягких» кислот и оснований Пирсона (ЖМКО принцип).

Хелатные соединения и их применение в анализе. Факторы, влияющие на устойчивость хелатов.

Влияние процессов комплексообразования на растворимость соединений, потенциал окислительно-восстановительных систем, кислотно-основное равновесие.

Способы повышения чувствительности и селективности анализа с использованием процессов комплексообразования.

Важнейшие органические реагенты, применяемые в анализе для разделения и маскирования, обнаружения и определения ионов металлов. Возможности использования комплексных соединений в различных методах анализа.

#### **Тема 1.5. Реакции окисления-восстановления в аналитической химии**

Электродный потенциал. Уравнение Нернста. Стандартный и формальный потенциалы. Связь константы равновесия со стандартными потенциалами.

Факторы, влияющие на направление окислительно-восстановительных реакций. Основные неорганические и органические окислители и восстановители, применяемые в анализе.

#### **Тема 1.6. Реакции осаждения в аналитической химии**



Факторы, определяющие растворимость неорганических и органических веществ в различных растворителях.

Произведение растворимости (термодинамическое, концентрационное, условное), его связь с растворимостью малорастворимого соединения. Зависимость растворимости ионных соединений от концентраций общих и посторонних ионов, pH, присутствия комплексообразующих реагентов, окислителей, восстановителей. Влияние природы растворителя и температуры на растворимость.

Взаимосвязь между растворимостью и произведением растворимости осадка.

Условия получения кристаллических и аморфных осадков. Осаждение из гомогенных растворов (гидролитическое осаждение).

### **Тема 1.7. Соосаждение и коллоидообразование в анализе**

Соосаждение. Разновидности соосаждения: адсорбция, окклюзия, изоморфизм и др. Закон распределения Хлопина.

Соосаждение на неорганических и органических коллекторах. Области применения соосаждения в анализе.

Коллоидообразование в анализе. Строение коллоидной частицы. Пептизация и коагуляция. Факторы, влияющие на устойчивость коллоидных растворов. Использование коллоидообразования в анализе.

## **Раздел 2. Методы аналитической химии**

### **Тема 2.1. Методы обнаружения и идентификации**

Аналитические реакции, их чувствительность, специфичность. Дробный и систематический анализ.

Обнаружение веществ с использованием реакций образования окрашенных соединений в растворах. Капельный анализ. Анализ растиранием порошков.

Хроматографические методы обнаружения.

Экспрессный качественный анализ в заводских и полевых условиях.

### **Тема 2.2. Методы разделения и концентрирования**

Основные методы разделения и концентрирования, их выбор и оценка, общие принципы. Групповое и индивидуальное концентрирование (разделение). Отделение матрицы, отделение микрокомпонентов.

Разделение и концентрирование с использованием осаждения и соосаждения. Реагенты-осадители общего назначения: гидроксиды, карбонаты, сульфиды, фосфаты, галогениды, сульфаты, хроматы, оксалаты и другие. Реагенты групповые, избирательные, специфичные.

Разделение катионов на группы сульфидным, кислотнo-щелoчным и аммиачно-фосфатным методами.

Групповые реагенты для разделения и последующего обнаружения анионов.

Осаждение как метод концентрирования. Концентрирование методом соосаждения на неорганических и органических коллекторах.

Экстракция как метод разделения и концентрирования веществ. Абсолютное и относительное концентрирование.

Хроматографические методы разделения. Бумажная и тонкослойная хроматография.

Другие методы разделения: ректификация, зонная плавка, мембранные методы.

### **Тема 2.3. Экстракция в анализе**

Сущность метода. Важнейшие экстракционные системы. Движущие силы экстракционного процесса и причины расслаивания жидкостей.

Закон распределения. Константа распределения. Константа экстракции. Экстракция веществ в виде молекулярных форм и экстракция ионных ассоциатов. Коэффициент распределения. Степень извлечения, кратность концентрирования вещества при экстракции.

Важнейшие растворители и реагенты, используемые в экстракции.

Экстракция хелатных соединений. Скорость экстракции. Реэкстракция.

### **Тема 2.4. Хроматография в анализе**

Основные принципы метода. Хроматография как динамический процесс. Типы стационарных и подвижных фаз.

Виды хроматографии: жидкостная, газовая, колоночная, плоскостная, адсорбционная, ионообменная, распределительная. Хроматография высокого разрешения. Гель-хроматография. Афинная хроматография.

### **Тема 2.5. Гравиметрический метод анализа**

Сущность гравиметрического анализа и границы его применимости. Разновидности гравиметрического анализа: метод осаждения, метод отгонки. Прямые и косвенные методы определения. Погрешности в гравиметрическом анализе.

Важнейшие неорганические и органические осадители.

Требования к осаждаемой и гравиметрической формам. Изменение состава осадка при высушивании и прокаливании.

Термогравиметрия.

## **Тема 2.6. Титриметрические методы анализа. Кисотно-основное титрование**

Сущность титриметрического анализа, классификация методов. Требования, предъявляемые к реакциям в титриметрическом анализе. Определение неорганических и органических соединений.

Виды титриметрических определений: прямое и обратное титрование, определение по замещению.

Способы выражения концентраций в растворах в титриметрии. Эквивалент. Молярная концентрация. Первичные стандарты, требования к ним. Фиксаналы. Вторичные стандарты.

Виды кривых титрования (S-образные, линейные). Точка стехиометричности (эквивалентности) и конечная точка титрования. Скачок титрования.

Кисотно-основное титрование. Построение кривых титрования. Влияние величины константы кислотности или основности, концентраций кислот или оснований, природы растворителя и температуры на форму кривых титрования.

Кисотно-основное титрование в неводных средах.

Кисотно-основные индикаторы. Теории индикаторов. Показатель титрования и интервал перехода индикаторов. Наиболее часто используемые кислотно-основные индикаторы.

Погрешности титрования при определении сильных и слабых кислот и оснований, смесей кислот, оснований.

## **Тема 2.7. Окислительно-восстановительное титрование**

Построение кривых титрования. Факторы, влияющие на форму кривых титрования: образование малорастворимых соединений, комплексообразование, концентрация ионов водорода, ионная сила раствора, температура. Характеристика отдельных методов: перманганатометрия, бихроматометрия, иодометрия и др.

Методы предварительного окисления-восстановления.

Окислительно-восстановительные индикаторы. Погрешности титрования и способы их устранения.

## **Тема 2.8. Комплексометрическое титрование и осадительное титрование**

Разновидности осадительного титрования. Построение кривых титрования. Влияние адсорбции на точность титрования. Влияние растворимости соединения, природы растворителя, концентраций определяемых ионов, температуры на форму кривых титрования.

Индикаторы в методе осадительного титрования. Погрешности титрования.

Комплексонометрическое титрование. Способы определения конечной точки титрования. Погрешности титрования.

Неорганические и органические реагенты в комплексометрии.

Использование аминополикарбоновых кислот в комплексометрии. Комплексонометрия (хелатометрия).

Способы комплексонометрического титрования: прямое, обратное, вытеснительное, косвенное.

Металлохромные индикаторы и требования, предъявляемые к ним. Важнейшие универсальные и специфические индикаторы.

Селективность титрования и способы ее повышения.

Примеры практического применения комплексонометрического титрования.

Этилендиаминтетрауксусная кислота и ее динатриевая соль (ЭДТА) как реагенты в комплексонометрии.

## **Тема 2.9. Кинетические методы анализа**

Использование связи между скоростью химической реакции и концентрацией реагирующих веществ с целью их определения. Индикаторные реакции и индикаторные вещества.

Способы установления концентрации веществ на основе измерения скорости реакции: метод тангенсов, метод фиксированного времени, метод фиксированной концентрации.

Типы каталитических и некаталитических реакций, используемые в кинетических методах: окисление-восстановление, обмен лигандов в комплексах, превращение органических соединений, фотохимические и ферментативные реакции.

Чувствительность и специфичность кинетических методов.

## **Тема 2.10. Метрологические основы химического анализа. Пробоотбор и пробоподготовка в анализе**

Измерение физических величин. Аналитический сигнал и помехи.

Систематические и случайные погрешности анализа.

Правильность и воспроизводимость результатов анализа, предел обнаружения и коэффициент чувствительности, нижняя и верхняя границы определяемых содержаний.

Статистическая обработка результатов измерений.

Закон нормального распределения случайных ошибок. Среднее, дисперсия, стандартное отклонение, доверительный интервал. Методы оценки воспроизводимости результатов анализа.

Способы оценки правильности результатов анализа: использование стандартных образцов, метод варьирования навесок, сопоставление с другими методами.

Способы повышения правильности и воспроизводимости анализа.

Представительность пробы, проба и объект анализа, проба и метод анализа. Факторы, обуславливающие размер и способ отбора представительной пробы. Отбор проб гомогенного и гетерогенного состава. Способы получения средней пробы твердых, жидких и газообразных веществ, устройства и приемы, используемые при этом, первичная обработка и хранение проб, дозирующие устройства.

Основные способы перевода пробы в форму, необходимую для данного вида анализа: растворение в различных средах, спекание, сплавление, разложение под действием высоких температур, давления, высокочастотного разряда, комбинирование различных приемов, особенности разложения органических соединений. Способы устранения и учета загрязнений и потерь компонентов при пробоподготовке.

### **Раздел 3. Объекты анализа**

#### **Тема 3.1. Основные объекты анализа**

Анализ объектов окружающей среды: воздуха, природных вод, атмосферных осадков, почв, донных отложений. Характерные особенности их анализа.

Биологические и медицинские объекты. Задачи аналитической химии в этой области. Санитарно-гигиенический контроль.

Геологические объекты. Анализ силикатов, карбонатов, железных, никель-кобальтовых руд, полиметаллических руд.

Производственный анализ. Анализ технологических растворов, сточных вод.

Металлы, сплавы и другие продукты металлургической промышленности. Определение черных, цветных, редких, благородных металлов и анализ их сплавов. Анализ неметаллических включений и определение газообразующих примесей в металлах. Контроль металлургических производств.

Атомные материалы. Определение тория, урана, плутония, трансплутониевых элементов и некоторых продуктов их деления.

Неорганические соединения. Вещества особой чистоты (в том числе полупроводниковые материалы, материалы высокотемпературной сверхпроводимости), определение в них примесных и легирующих микроэлементов. Послойный и локальный анализ кристаллов и пленочных материалов.

Природные и синтетические органические вещества и элементоорганические соединения, полимеры. Особенности анализа органических веществ.

## УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дневная форма получения образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Аудиторный контроль УСР	
1	2	3	4	5	6	7	9
<b>1</b>	<b>Раздел 1. Теоретические основы аналитической химии</b>						
1.1	Введение. Предмет, задачи и методы аналитической химии	1			6		тест
1.2	Закон действующих масс. Активность. Теория сильных электролитов	2	2			1	собеседование, устные ответы, контрольная работа
1.3	Кислотно-основные равновесия в анализе, теории кислот и оснований	3	4	2	10	2	устные ответы, отчеты по лабораторным работам, контрольная работа;
1.4	Реакции комплексообразования в анализе. Органические реагенты в аналитической химии	3	2	1	10	1	устные ответы, отчеты по лабораторным работам, контрольная работа
1.5	Реакции окисления-восстановления в аналитической химии	2	2		10	1	устные ответы, отчеты по лабораторным работам, контрольная работа
1.6	Реакции осаждения в аналитической химии	2	4	1	10	2	устные ответы, отчеты по лабораторным работам, контрольная работа
1.7	Соосаждение и коллоидообразование в анализе	2					
<b>2</b>	<b>Раздел 2. Методы аналитической химии</b>						
2.1	Методы обнаружения и идентификации	1					устные ответы

2.2	Методы разделения и концентрирования	1			6		устные ответы, отчеты по лабораторным работам, тест
2.3	Экстракция в анализе	2	1				собеседование, коллоквиум
2.4	Хроматография в анализе	1	1		6		устные ответы, отчеты по лабораторным работам, коллоквиум
2.5	Гравиметрический метод анализа	2	2		10		устные ответы, отчеты по лабораторным работам, контрольная работа
2.6	Титриметрические методы анализа. Кислотно-основное титрование	4	4	2	8	2	устные ответы, отчеты по лабораторным работам, контрольная работа
2.7	Окислительно-восстановительное титрование	2	2	1	10	1	устные ответы, отчеты по лабораторным работам, контрольная работа
2.8	Комплексометрическое титрование и осадительное титрование	2	2	1	4		устные ответы, отчеты по лабораторным работам, контрольная работа
2.9	Кинетические методы анализа	1					
2.10	Метрологические основы химического анализа. Пробоотбор и пробо-подготовка в анализе	4	2				собеседование, тест
<b>3</b>	<b>Раздел 3. Объекты анализа</b>						
3.1	Основные объекты анализа	1					
		36	28	8	90	10	

## **ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

### **Перечень основной литературы**

1. Мельситова, И.В. Задачи по аналитической химии: учеб. пособие / И.В.Мельситова, Е.Г.Рагойжа. - Минск: БГУ, 2023. - 191 с.
2. Мельситова, И.В. Аналитическая химия: учебное пособие для студентов высших учебных заведений / И.В. Мельситова., Е.Г. Рагойжа – Минск: Адукацыя і выхаванне, 2024. -335 с.
3. Жебентяев, А. И. Аналитическая химия. Химические методы анализа : учебное пособие для студентов высших учебных заведений по фармацевтическим и химическим специальностям / А. И. Жебентяев, А. К. Жерносек, И. Е. Талуть. - 2-е изд. - Минск : Новое знание ; Москва : ИНФРА-М, 2020. - 541 с.
4. Мельситова, И. В. Аналитическая химия : учебное пособие для студентов учреждений высшего образования по специальностям "Биология", "Био-экология", "Биохимия", "Микробиология" / И. В. Мельситова ; БГУ. - Минск : БГУ, 2021. - 183 с.
5. Кондрев, В.С. Гомогенные ионные равновесия: методика решения задач : учебно-методическое пособие / В.С. Кондрев. - Минск : БГУ, 2021. - 187 с.

### **Перечень дополнительной литературы**

1. Основы аналитической химии : учебник для студ. вузов, обуч. по хим. направлениям : в 2 т. / под ред. Ю. А. Золотова. - 6-е изд., перераб. и доп. - Москва : Академия, 2014. Т. 1 : / [авт.: Т. А. Большова и др.]. - Москва : Академия, 2014. - 391 с. : ил. ; 24х17 см. - Библиогр. в конце гл. Т. 2 : / [авт.: Н. В. Алов и др.]. - Москва : Академия, 2014. - 410 с.
2. Аналитическая химия. Химические методы анализа : учебник для студ. вузов, обуч. по химико-технолог. напр. подготовки и спец. / [авт.: Е. Г. Власова и др.] ; под ред. О. М. Петрухина, Л. Б. Кузнецовой. - Москва : Лаборатория знаний, 2017. - 464 с.
3. Основы аналитической химии. Задачи и вопросы : учебное пособие / [авт. коллектив: Н. В. Алов и др.] ; под ред. Ю. А. Золотова, Т. Н. Шеховцовой, К. В. Осколка. - 3-е изд., испр. и доп. - Москва : Лаборатория Знаний, 2020. - 413 с.
4. Крешков, Анатолий Павлович. Основы аналитической химии : учебник для студентов химико-технологических специальностей вузов : [в 3 кн.] / А. П. Крешков. - Изд. 4-е, перераб., стер. - Москва : Альянс, 2020. [Кн.] 2 : Теоретические основы. Количественный анализ. - 2020. - 480 с. :
5. Крешков, Анатолий Павлович. Основы аналитической химии : учебник для студентов химико-технологических специальностей вузов : [в 3 кн.] / А. П.



- Крешков. - Изд. 4-е, перераб., стер. - Москва : Альянс, 2020. [Кн.] 1 : Теоретические основы. Качественный анализ. - 2020. - 472 с.
6. Трифонова, А. Н. Аналитическая химия : лабораторный практикум : учеб. пособие для студ. учреждений высш. образования по хим. спец. / А. Н. Трифонова, И. В. Мельситова. - Минск : Вышэйшая школа, 2013. - 160 с.
  7. Дорохова, Е. Н. Задачи и вопросы по аналитической химии / Е. Н. Дорохова, Г. В. Прохорова. - М. : Мир, 2001. - 267с.
  8. Дюерфель, К. Статистика в аналитической химии / К. Дюерфель ; пер. с нем. И. С. Шаплыгина ; под ред. В. В. Налимова. - Москва : Мир, 1969. - 247 с.
  9. Золотов, Ю. А. Аналитическая химия: проблемы и достижения / Ю. А. Золотов ; РАН, Ин-т геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского, Ин-т общей и неорганической химии им. Н. С. Курнакова. - Москва : Наука, 1992. - 285 с.
  10. Лайтинен, Г. А. Химический анализ / Г. А. Лайтинен, В. Е. Харрис ; пер. с англ. Л. З. Захаренок ; под ред. Ю. А. Клячко. - Изд. 2-е, перераб. - Москва : Химия, 1979. - 624 с.
  11. Методы обнаружения и разделения элементов : (практ. руководство) / [И. П. Алимарин и др.] ; под ред. И. П. Алимариной. - Москва : Изд-во Московского ун-та, 1984. - 207 с.
  12. Петерс, Д. Г. Химическое разделение и измерение : теория и практика аналитической химии : [в 2 кн.]. Кн. 2 / Д. Петерс, Дж. Хайес, Г. Хифтэ ; пер. с англ. Н. Б. Зорова ; под ред. П. К. Агасяна. - Москва : Химия, 1978. - 815 с.
  13. Хольцбехер З. и др. Органические реагенты в неорганическом анализе. - М.: Мир. 1979. - 752 с.
  14. Васильев В.П. Аналитическая химия: В 2 ч.- М: Издательство «Дрофа», 2007.-383 с.
  15. Кунце, У. Основы качественного и количественного анализа / У. Кунце, Г. Шведт ; пер. с нем. А. В. Гармаша. - М. : Мир, 1997. - 424 с.
  16. Пилипенко, А. Т. Аналитическая химия : [учебное пособие для хим. и хим-технол. спец. вузов : в 2 кн.]. Кн. 2 / А. Т. Пилипенко, И. В. Пятницкий. - Москва : Химия, 1990. - 845, [1] с.
  17. Основы аналитической химии : Практическое руководство : учеб. пособие для студ. ун-тов и вузов, обуч. по химико-технолог., сельскохозяйств., мед., фармацевтическим спец. / Ю. А. Барбалат, Г. Д. Брыкина, А. В. Гармаш и др.; под ред. Ю. А. Золотова. - М. : Высшая школа, 2001. - 463 с.

### **Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой отметки**

Текущий контроль качества усвоения знаний по данной учебной дисциплине может осуществляться с использованием следующих форм диагностики компетенций:

1. Устный опрос в формате вопрос – ответ.

2. Защита индивидуальных лабораторных работ.
3. Отчеты по домашним практическим упражнениям.
3. Написание аудиторных контрольных работ по темам №№ 1.2-1.7, 2.5-2.8.
4. Тесты по темам №№ 1.1, 2.1, 2.2, 2.9, 3.1.
5. Проведение коллоквиума по темам 2.3, 2.4.
6. В качестве формы итогового контроля по учебной дисциплине рекомендованы зачет и экзамен.

Примерные весовые коэффициенты, определяющие вклад текущей аттестации в отметку при прохождении промежуточной аттестации:

Формирование отметки за текущую аттестацию (точки контроля):

- ответы на практических занятиях – 25 %;
- выполнение и защита лабораторных работ – 25 %;
- выполнение контрольных работ, коллоквиумы – 25 %;
- выполнение теста – 25 %.

Итоговая отметка по дисциплине рассчитывается на основе отметки текущей аттестации (рейтинговой системы оценки знаний) - 30% и экзаменационной отметки - 70%.

### **Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы студентов**

#### **Тема 1.2. Закон действующих масс. Активность. Теория сильных электролитов (1 час).**

Понятия активности, коэффициента активности, общей и равновесной концентраций, молярной доли.

Предельное и расширенное уравнения Дебая-Хюккеля, уравнение Девиса.

Условие электронейтральности, условие материального баланса.

Повторить основные определения и типы расчетов по теме.

(Форма контроля – контрольная работа).

#### **Тема 1.3. Кисотно-основные равновесия в анализе, теории кислот и оснований (2 часа).**

Теории кислот и оснований. Теория Бренстеда-Лоури. Диссоциация нейтральных и заряженных кислот и оснований в водных и неводных растворах.

Расчет pH водных и неводных растворов слабых, сильных, одноосновных и многоосновных кислот и оснований и их смесей.

Понятие амфолита. Классификация амфолитов и расчет pH растворов амфолитов.

Понятие и свойства кислотно-основных буферных растворов. Расчет pH буферных растворов.

Повторить основные понятия, выводы формул для расчета рН различных протолитов.

(Формы контроля – контрольная работа).

#### **Тема 1.4. Реакции комплексообразования в анализе. Органические реагенты в аналитической химии (1 час).**

Понятие и классификация комплексных соединений.

Расчет функции образования и степени образования комплексов.

Повторить формулы основных органических реагентов, используемых в аналитической химии, механизмы их взаимодействия с ионами металлов и цвета образуемых соединений.

(Форма контроля – контрольная работа).

#### **Тема 1.5. Реакции окисления-восстановления в аналитической химии (1 час).**

Понятие стандартного и формального потенциалов.

Расчет стандартных и формальных потенциалов в случае протекания побочных реакций комплексообразования, протонирования, образования мало-растворимых соединений.

Повторить расчет констант равновесия окислительно-восстановительных реакций и равновесных концентраций реагирующих веществ.

(Формы контроля – контрольная работа).

#### **Тема 1.6. Реакции осаждения в аналитической химии (2 часа).**

Термодинамическое, реальное и условное произведения растворимости, связь между ними.

Расчет растворимости, условий начала и количественного осаждения.

Факторы, влияющие на растворимость.

Совмещенные равновесия и их использование в аналитической химии.

Повторить расчет растворимости (в идеальном растворе, с учетом ионной силы, с учетом эффекта одноименного иона, с учетом конкурирующих реакций по катиону, аниону, катиону и аниону одновременно).

(Форма контроля – контрольная работа).

#### **Тема 2.6. Титриметрические методы анализа. Кислотно-основное титрование (2 часа).**

Понятия точки эквивалентности и конечной точки титрования.

Кривые титрования, их расчет.

Теория индикаторов. Индикаторы кислотно-основного титрования, выбор индикатора. Индикаторные ошибки титрования.

Повторить основные типы расчетов: расчет кривых титрования сильных и слабых кислот и оснований, многоосновных кислот и оснований; расчет кислотной, основной, водородной и гидроксильной ошибок титрования. (Форма контроля – контрольная работа).

## **Тема 2.7. Окислительно-восстановительное титрование (1 час).**

Способы фиксирования конечной точки титрования в окислительно-восстановительном титровании.

Кривые титрования, их расчет.

Индикаторы окислительно-восстановительного титрования, выбор индикатора. Индикаторные ошибки титрования.

Повторить основные расчет стандартных и формальных потенциалов, кривых и ошибок титрования.

(Форма контроля – контрольная работа).

**Тематика семинарских (практических, лабораторных) занятий** соответствует основным темам и разделам учебного курса.

### ***Пример содержания практических занятий***

#### ***Тема 1.3. Кисотно-основные равновесия в анализе, теории кислот и оснований***

1. Рассчитать рН водных растворов: сильной кислоты, слабой кислоты с различной степенью диссоциации, сильного и слабого и основания с различной степенью диссоциации, смеси сильных кислот определенного состава, смеси слабых кислот определенного состава, смеси сильных оснований определенного состава, смеси слабых оснований определенного состава, многоосновных кислот и оснований определенного состава, заряженной кислоты и заряженного основания (гидролизующиеся соли), амфолитов определенного состава. Определить, как изменится рН растворов слабых и сильных кислот и оснований при разбавлении их в определенное число раз. Рассчитать константу автопротолиза воды при заданной температуре, если известна концентрация протонов в дистиллированной воде. Определить протяженность шкалы рН и рН нейтральной среды в заданных условиях.

2. Рассчитать рН кислот, оснований, амфолитов в неводных растворителях. Определить протяженность шкалы рН и рН нейтральной среды в различных растворителях.

3. Рассчитать рН буферных растворов различного состава. Рассчитать буферную емкость буферного раствора. Определить, как изменится рН буферного раствора при добавлении к нему определенного количества сильной кислоты или основания. Рассчитать концентрацию компонентов для приготовления буферного раствора с заданным значением рН. Рассчитать соотношение

молярных концентраций кислоты и сопряженного основания в буферном растворе с заданным значением pH.

4. Рассчитать как изменится pH раствора слабой кислоты определенного состава при добавлении к нему: эквивалентного количества сильного основания, избыточного количества сильного основания, недостаточного количества сильного основания.

### ***Пример задания лабораторного практикума Кисотно-основное титрование***

#### **Определение бария гравиметрическим методом**

Определение бария гравиметрическим методом основано на осаждении бария в виде сульфата, прокаливании осадка до постоянной массы, взвешивании его и расчете содержания бария. *Какое соединение является осаждаемой формой и какое весовой? В качестве осадителя используют раствор серной кислоты. Почему не раствор сульфата натрия или калия?*

Перед выполнением работы рассчитывают необходимый объем раствора осадителя исходя из того, что примерная масса осаждаемой формы составляет 0,5г. *Какое количество осадителя по отношению к количеству осаждаемого иона необходимо использовать и почему?*

Методика выполнения работы. Выданный анализируемый раствор соли бария разбавляют (*почему?*) до 70-80 мл дистиллированной водой и нагревают почти до кипения (*с какой целью?*). Заранее рассчитанный объем раствора серной кислоты (осадителя) помещают в стакан, разбавляют до 70-80 мл и нагревают также почти до кипения (*с какой целью?*).

Осаждение. Осадитель добавляют из бюретки по каплям (*почему?*) к раствору соли бария при постоянном перемешивании (*с какой целью?*), дают постоять, пока раствор над осадком не станет прозрачным, проверяют полноту осаждения (*каким образом?*) и оставляют для формирования крупнокристаллического осадка («старения») на несколько часов. *Почему необходимо получить осадок крупнокристаллическим? Какие процессы происходят с кристаллическими осадками при их старении? Почему старение осадка выгодно для анализа?*

Фильтрование. Устанавливают кольцо на штатив, помещают в него воронку (скошенный конец воронки должен касаться стакана). Проводят фильтрование осадка.

Промывание осадка в стакане. В качестве промывной жидкости используют разбавленный раствор осадителя (*Почему используют разбавленный раствор осадителя, а не воду?*). Осадок промывают декантацией: 15-20 см<sup>3</sup> промывной жидкости вносят в стакан, перемешивают, дают осадку осесть и сливают жидкость по палочке на фильтр. Повторяют операцию 3-4 раза. Осадок количественно переносят на фильтр. *Почему промывную жидкость делят на 3-4 порции, а не промывают осадок сразу всем раствором?*

Промывание осадка на фильтре. Осадок промывают маленькими порциями дистиллированной воды, которой всякий раз дают полностью стечь. Повторив операцию 4-5 раз, делают пробу на полноту удаления хлорид-ионов. *Каким образом?*

Высушивание. Воронку с осадком накрывают листом влажной фильтровальной бумаги, прижимают края к наружной поверхности воронки. После этого воронку помещают в сушильный шкаф и высушивают осадок при температуре около  $100^{\circ}\text{C}$  (не более чем на 20 мин).

Прокаливание и взвешивание. Взвешивают чистый прокаленный тигель. Извлекают фильтр с осадком из воронки, и, держа над тиглем, аккуратно сворачивают и укладывают в тигель. Фильтр озолотят на плитке и прокаливают в муфельной печи при  $600\text{--}800^{\circ}\text{C}$  до постоянной массы. *С какой целью прокаливают до постоянной массы пустой тигель и тигель с осадком?*

Данные всех взвешиваний записывают в таблицу

№	Масса тигля, г	Масса тигля с осадком после высушивания, г	Масса осадка, г

По полученному результату рассчитывают массу бария в исходном растворе (*Как проводят расчет? Что такое гравиметрический фактор?*). Получают у преподавателя истинное значение содержания бария и рассчитывают относительную погрешность определения. *Объяснить возможные источники погрешности определения.*

### **Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины**

Преподавание учебной дисциплины «Аналитическая химия» предусматривает проведение лекций, семинарских, лабораторных и практических занятий, которые должны быть обеспечены методическими пособиями, техническими средствами обучения, соответствующим лабораторным оборудованием и реактивами. На лекциях освещаются теоретические вопросы учебной дисциплины. На семинарских занятиях рассматриваются основные понятия и закономерности, а также сложные или недостаточно освещенные в учебной литературе вопросы программы. На практических занятиях теоретические вопросы подтверждаются решением расчетных задач и упражнений. В ходе выполнения лабораторного практикума студенты знакомятся с основами качественного и количественного химического анализа, приборами, приобретают умения и навыки проведения химического анализа, включая пробоподготовку. Самостоятельная работа вне аудитории предполагает работу с учебной литературой, выполнение домашних заданий, подготовку к лабораторным занятиям.

При организации образовательного процесса используются:

1. **Эвристический подход**, который предполагает:

- осуществление студентами личностно-значимых открытий окружающего мира;
- демонстрацию многообразия решений большинства профессиональных задач и жизненных проблем;
- индивидуализацию обучения через возможность самостоятельно ставить цели, осуществлять рефлекссию собственной образовательной деятельности.

2. **Методы и приемы развития критического мышления**, которые представляют собой систему, формирующую навыки работы с информацией в процессе чтения и письма; понимании информации как отправного, а не конечного пункта критического мышления.

3. **Практико-ориентированный подход**, который предполагает:

- освоение содержания образования через решения практических задач;
- приобретение навыков эффективного выполнения разных видов профессиональной деятельности;
- использованию процедур, способов оценивания, фиксирующих сформированность профессиональных компетенций.

Учебный процесс, организованный на основе **обучающе-исследовательского принципа**, призван формировать у студентов исследовательские умения, аналитический характер мышления, творческий подход к решению разнообразных задач, умение работать в коллективе в процессе изучения программного материала.

При проведении семинарских и практических занятий студенты обеспечиваются не просто планом занятия, а перечнем вопросов и упражнений, либо творческими проблемными заданиями, которые и станут предметом обсуждения. Желательно использовать проблемные ситуации не на низком, рецептивном уровне, когда преподаватель сам формулирует и разрешает проблему, а на более высоких – репродуктивно-продуктивном и **эвристическом** уровнях. После выполнения программы лабораторного практикума студент получает индивидуальную зачетную задачу. Разработка плана анализа, выбор способа пробоподготовки, выполнение качественного анализа, выбор метода количественного анализа и его выполнение требует от студента не только применения полученных навыков и знаний, но также проведения научного поиска.

Ответы на вопросы, поставленные в методических указаниях к выполнению лабораторной работы, требуют творческого осмысления всего эксперимента, проведения дополнительных опытов, планируемых студентом уже самостоятельно, поиска необходимой информации в учебной, справочной литературе и электронных базах данных. При организации лабораторных занятий также используется **кейс-метод**, который предполагает анализ конкретных ситуаций из лабораторной практики на основе информации преподавателя и литературных источников, собственного опыта.

При выполнении заданий на семинарских, практических и лабораторных занятиях осуществляется творческая самореализация обучающихся в процессе

создания образовательных продуктов, студенты имеют возможность проявить и усовершенствовать аналитические и оценочные навыки и находить наиболее рациональное решение поставленной проблемы. В итоге обучающийся получает не только определенные знания, но и навыки профессиональной деятельности (**практико-ориентированный подход**), а конечный результат обучения направлен преимущественно не на овладение готовым знанием, а на его выработку. Одновременно развиваются навыки **критического мышления**, связанные с пониманием научной информации и способами ее трансформации.

### **Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся**

При организации самостоятельной работы студентов по учебной дисциплине «Аналитическая химия» наряду с традиционными источниками информации (учебники и учебные пособия, в том числе и подготовленные преподавателями БГУ) используются и современные информационные ресурсы. На образовательном портале [educhem.bsu](http://educhem.bsu) размещены учебно-программные материалы, учебные материалы для подготовки к лабораторным занятиям, задания для самостоятельной подготовки к практическим занятиям, вопросы для подготовки к экзаменам, список рекомендуемой литературы. При выполнении ряда заданий требуется также осуществлять поиск и критический анализ учебной информации на химических сайтах в сети Интернет.

Задания УСР по учебной дисциплине составляются с учетом индивидуальной подготовки студентов и могут быть представлены на разном уровне: от заданий, формирующих достаточные знания по изученному учебному материалу на уровне узнавания, к заданиям, формирующим компетенции на уровне воспроизведения, и далее к заданиям, формирующим компетенции на уровне применения полученных знаний. При этом сохраняется требование к освоению необходимого и достаточного объема учебного материала при освоении курса.

При изучении учебной дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

- поиск и обзор литературы и электронных источников по заданной проблеме курса;
- выполнение домашнего задания;
- решение задач, предлагаемых на лабораторных занятиях;
- подготовка к лабораторным и практическим занятиям.

### **Примерный перечень вопросов к экзамену**

1. Предмет, задачи, структура и методы аналитической химии, ее место в системе наук.



2. История развития аналитической химии, основные этапы ее развития, связь с другими науками.
3. Классификация методов и объектов анализа.
4. Закон действия масс. Коэффициенты активности. Слабые и сильные электролиты. Теория сильных электролитов Дебая-Хюккеля.
5. Константы химического равновесия: термодинамические, концентрационные, условные.
6. Кисотно-основные равновесия. Теории кислот и оснований.
7. Влияние растворителя на кислотно-основные свойства. Автопротолиз растворителя. Шкала pH в водных и неводных средах. Классификация растворителей. Нивелирующее и дифференцирующее действие растворителя.
8. Вычисление pH растворов слабых кислот и оснований, гидролизующихся солей.
9. Буферные кислотно-основные системы: интервалы pH буферных систем и  $pK_a$ , буферная емкость.
10. Кислотно-основные равновесия в растворах амфолитов.
11. Реакции комплексообразования в аналитической химии. Теория мягких и жестких кислот и оснований.
12. Хелатные комплексы металлов. Внутрикислотные соединения. Факторы, влияющие на устойчивость хелатов (ФАГ, ААГ, природа атома металла и лиганда, размер и количество циклов, геометрия внутренней координационной сферы).
13. Использование хелатных соединений в целях определения, разделения и концентрирования элементов. Органические реагенты, наиболее часто применяющиеся в анализе.
14. Представления о мягких и жестких кислотах и основаниях. Теория аналогий в приложении к аналитическому использованию минеральных и органических реагентов. Органические реагенты, наиболее часто применяющиеся в анализе.
15. Равновесия в растворах комплексных соединений. Функция и степень образования комплекса. Закомплексованность.
16. Органические реагенты в анализе. Хелатный эффект.
17. Окислительно-восстановительные реакции. Стандартный и формальный потенциал. Уравнение Нернста.
18. Факторы, определяющие состояние равновесий в окислительно-восстановительных системах:  $E_0$ , pH среды, температура, побочные реакции.
19. Методы предварительного окисления и восстановления в анализе.
20. Хроматография как метод разделения и концентрирования веществ. Классификация хроматографических методов по способу размещения неподвижной фазы, по элементарному акту, в соответствии с режимом ввода пробы.
21. Выходные кривые. Количественные характеристики хроматографии: коэффициент распределения, время (объем) удерживания, число тарелок,

- разрешение. Качественный и количественный хроматографический анализ.
22. Экстракция молекулярных форм Константа и коэффициент распределения. Движущие силы экстракции. Применение экстракции в целях оптимизации чувствительности обнаружения ионов.
  23. Экстракция хелатов металлов.
  24. Применение экстракции молекулярных форм для выделения, концентрирования и разделения веществ. Абсолютное и относительное концентрирование.
  25. Количественные характеристики экстракционного процесса: константа распределения, константа экстракции, коэффициент распределения, степень извлечения, коэффициент концентрирования.
  26. Экстракция ионных ассоциатов и ионообменная экстракция, их достоинства, недостатки и области применения.
  27. Концентрирование ионов методами соосаждения и осаждения. Минеральные и органические соосадители.
  28. Факторы, определяющие состояние равновесия в системах раствор-осадок: природа и концентрация осаждаемого иона и осадителя, рН среды, побочные реакции, ионная сила раствора, температура.
  29. Механизм образования осадка. Условия получения кристаллических и аморфных осадков. Полнота осаждения. Соосаждение, его разновидности и его роль в анализе. Закон распределения Хлопина.
  30. Коллоидообразование и его роль в анализе.
  31. Химические методы обнаружения ионов: использование реакций осаждения обнаружения и разделения ионов.
  32. Классификация катионов в качественном анализе: кислотно-основный метод.
  33. Методы группового разделения и обнаружения анионов.
  34. Аналитическая классификация катионов: аммиачно-фосфатный метод.
  35. Аналитическая классификация катионов: сульфидный метод.
  36. Обнаружение ионов на основе образования окрашенных продуктов. Оптимизация чувствительности и селективности обнаружения. Капельный анализ.
  37. Принципы качественного и количественного анализа. Аналитический сигнал, его природа и интенсивность. Аналитическая функция.
  38. Требования к осаждаемой и весовой формам. Условия получения кристаллических и аморфных осадков. Полнота осаждения.
  39. Осаждение из гомогенных растворов (гидролитическое осаждение).
  40. Разновидности гравиметрического анализа: методы осаждения, отгонки. Электрогравиметрия, термогравиметрия.
  41. Важнейшие источники погрешностей в гравиметрическом анализе.
  42. Оптимизация методов осаждения в гравиметрии: контроль рН, концентрации осадителя, температуры. Осаждение методом возникающих реагентов (гомогенное осаждение).

43. Совмещенные равновесия. Коэффициенты конкурирующих реакций.
44. Титриметрический метод анализа. Первичные и вторичные стандарты.
45. Классификация методов объемного анализа.
46. Классификация индикаторов. Требования предъявляемые к индикаторам. Выбор индикатора.
47. Виды титриметрических определений: прямое, обратное, заместительное. Вычисления в объемном анализе.
48. Кривые титрования. Скачок титрования.
49. Кислотно-основное титрование. Стандартизация рабочих растворов. Кривые титрования. Факторы, влияющие на вид кривой титрования.
50. Индикаторы кислотно-основного титрования. Интервал перехода индикаторов, показатель титрования. Теории индикаторов.
51. Титриметрическое определение сильных и слабых кислот в их смесях.
52. Определение сильных и слабых оснований в их смесях титриметрическим методом.
53. Методы определения общей и карбонатной жесткости воды.
54. Окислительно-восстановительные индикаторы.
55. Перманганатометрия. Стандартизация раствора титранта. Примеры определений.
56. Кривые титрования (на примерах окислительно-восстановительных методов). Факторы, влияющие на форму кривых титрования.
57. Бихроматометрия. Достоинства, недостатки, примеры определений.
58. Иодометрия. Сущность, стандартизация растворов. Определение восстановителей.
59. Иодометрия, индикация точки стехиометричности. Определение окислителей.
60. Комплексонометрическое титрование. Кривые титрования, индикаторы.
61. Селективное определение металлов методом комплексонометрии.
62. Индикаторные погрешности в титриметрии.
63. Определение катионов и анионов методами осадительного титрования. Аргентометрия.
64. Осадительное титрование: кривые титрования, индикаторы.
65. Скорость химических реакций. Кинетические методы анализ. Индикаторные реакции и индикаторные вещества.
66. Чувствительность кинетических методов анализа. Количественные определения методами: тангенсов, фиксированного времени, фиксированной концентрации.
67. Виды проб, их отбор и подготовка (первичная обработка, хранение, разложение твердых образцов).
68. Погрешности анализа. Классификация.
69. Систематические и случайные погрешности. Способы количественной оценки и устранения систематических погрешностей.
70. Оценка воспроизводимости результатов анализа. Стандартное отклонение, доверительный интервал, исключение данных.

71. Сравнение средних результатов химического анализа.
72. Закон нормального распределения случайных ошибок. Распределение Стьюдента.
73. Выбровка результатов химического анализа.

## **Требования к курсовой работе**

### **Значение подготовки курсовой работы**

Выполнение курсовой работы служит: углубленному изучению определенной темы и, как следствие, росту знаний студента; формированию навыков и умений использования научной, научно-исследовательской литературы, цифровых источников, исследовательских материалов по поиску, отбору и изучению информации; выработке навыков изложения изученного материала; развитию мышления, формированию собственной позиции студента по научным вопросам и логического ее выражения.

#### **Этапы выполнения курсовой работы:**

выбор темы работы  
составление плана работы  
написание работы

представление работы руководителю для её предварительной  
оценки ознакомление с замечаниями и предложениями руководи-  
теля (при их

наличии)

доработка курсовой работы

представление окончательного варианта ра-  
боты защита курсовой работы.

На каждом из этапов студенту необходимо **взаимодействовать с руководителем работы** (в различной степени, обусловленной существом того или иного этапа). Уже на этапе выбора темы студент должен явиться на консультацию к руководителю без специальных указаний с его стороны.

Руководитель оказывает студенту помощь при подготовке работы, консультирует его по всем возникающим вопросам. При этом работа выполняется самостоятельно студентом.

### **Структура и объем курсовой работы**

Структура работы представлена частями, размещаемыми в следующей последовательности:

**1. Титульный лист** оформляется в соответствии с образцом (Приложение 1) с указанием названия темы курсовой работы, ее автора, научного руководителя, кафедры, по которой выполнялась работа и т.д.

**2. Задание** в котором указывается тема курсовой работы, основные вопросы и этапы проработки темы, рекомендуемые источники для проработки темы (см. Приложение 2);

**3. Оглавление**, где указывается название и страницы размещения в курсовой работе введения, глав, параграфов, заключения, списка использованных источников, приложений и т. п.

**4. Перечень условных обозначений, символов, терминов** (при необходимости).

**5. Введение.**

**6. Основное содержание работы, в котором выделяются** главы и параграфы с указанием их наименования, и излагается соответствующий материал.

**7. Заключение**, в котором подводятся итоги исследования, обобщаются и формулируются выводы.

**8. Список использованных источников**, в котором содержится перечень источников с указанием их порядкового номера.

**9. Приложение** (при необходимости) включает схемы, графики, таблицы, анкеты, проекты статей нормативных правовых актов и т.д.

**10. Список опубликованных научных работ** по теме курсовой работы (при их наличии).

Каждая часть работы (введение, главы, параграфы, заключение и др.) должна иметь заглавие, а также начинаться с новой страницы (за исключением разделов). Названия частей работы приводятся прописными буквами в середине строк, используя полужирный шрифт с размером на 1–2 пункта больше, чем шрифт в основном тексте. Так же печатают заголовки глав.

**Объем курсовой работы** (без учета списка использованных источников и приложений) 25 – 35 страниц текста через интервал 18 пунктов (точно), шрифт – 14 pt Times New Roman, подготовленного на компьютере (поля страниц: левое – 3 см, правое – 1 см, верхнее и нижнее – 2 см), указываются номера страниц (титульный лист не нумеруется).

Требования к объему работы должны быть соблюдены. При значительном количестве информации по избранной теме умение уложиться в предлагаемый объем помогает приобрести и развить навыки выделения главного, обобщения информации, формулирования собственных выводов.

## **Примерная тематика курсовых работ**

### **Объекты анализа. Пробоподготовка**

1. Анализ природных вод: проблемы определения микрокомпонентов минеральной природы.
2. Анализ природных вод: определение органических токсичных компонентов.
3. Проблемы анализа производственных сточных вод.
4. Проблемы анализа производственных газообразных выбросов.
5. Анализ почв: определение макро- и микрокомпонентов.
6. Анализ веществ растительного и животного происхождения.
7. Анализ медицинских препаратов.
8. Проблемы анализа геологических объектов.
9. Проблемы анализа объектов цветной и черной металлургии.
10. Анализ нефти и нефтепродуктов.
11. Анализ пищевых продуктов.
12. Химический анализ в криминалистике.
13. Анализ полимерных материалов.
14. Проблемы анализа веществ высокой чистоты.
15. Объекты анализа и проблемы пробоотбора.
16. Оптимизация методов первичной обработки и хранения проб.
17. Методы разложения проб минеральной и органической природы.
18. Методы растворения пробы в элементном анализе.
19. Способы расчета предела обнаружения и нижней границы содержания аналита в пробе.

### **Методы разделения и концентрирования в аналитической химии**

20. Разделение и концентрирование на основе процессов химического осаждения и соосаждения.
21. Соосаждение в аналитической химии.
22. Электрохимические методы разделения и концентрирования.
23. Разделение методами отгонки и дистилляции.
24. Экстракционные методы разделения и концентрирования.
25. Жидкостная хроматография.
26. Газовая хроматография.
27. Плоскостная (бумажная, тонкослойная) хроматография.
28. Сорбционные методы концентрирования веществ.
29. Разделение и концентрирование на ионообменниках и комплексообразующих сорбентах.
30. Мембранные методы разделения.
31. Электромиграционные методы разделения.

### **Методы обнаружения**

- 32. Микрорентгенофлуорескопия.
- 33. Капельный анализ: современные варианты.
- 34. Хроматографические методы обнаружения.

### **Ионные равновесия**

- 35. Ионные равновесия в растворах. Вода, ее структура и свойства.
- 36. Использование неводных растворителей в химическом анализе.
- 37. Функции кислотности веществ. Твердые кислоты и основания.
- 38. Современные представления о кислотно-основном взаимодействии.
- 39. Каталитические методы анализа на основе окислительно-восстановительных реакций.
- 40. Реакции комплексообразования в кинетических методах следового анализа.
- 41. Хелатные комплексы в химическом анализе.
- 42. Современные методы исследования комплексообразования в гомогенных и гетерофазных системах.
- 43. Модифицированные и иммобилизованные аналитические реагенты.
- 44. Использование этилендиамина тетрауксусной кислоты и ее аналогов в химическом анализе.
- 45. Серу содержащие органические аналитические реагенты.
- 46. Азот- и фосфорсодержащие аналитические реагенты.
- 47. Функция кислотности Хаммета в приложении к кислотно-основным процессам по Бренстеду-Лоури, Льюису-Пирсону.
- 48. Эффекты ионной силы и побочных реакций в химическом равновесии.
- 49. Коллоидные системы и их использование в химическом анализе.
- 50. Определение pH в неводных растворах.

### **Количественный химический анализ**

- 51. Современные проблемы гравиметрического анализа.
- 52. Термогравиметрия как метод химического анализа и метод исследования веществ.
- 53. Электрогравиметрические методы анализа.
- 54. Проблемы оптимизации чувствительности и селективности в титриметрическом анализе.
- 55. Химические стандарты. Стандартные образцы. Стандартизации титрантов.
- 56. Кривые титрования как средство для определения количества вещества и средство исследования реакционной способности вещества.
- 57. Индикаторы кислотно-основного титрования.
- 58. Индикаторы комплексонометрического титрования.
- 59. Окислительно-восстановительные индикаторы.

- 60.Адсорбционные индикаторы.
- 61.Флуоресцентные и хемилюминесцентные индикаторы.
- 62.Индикаторные реакции и индикаторные вещества в кинетических методах анализа.
- 63.Ферментативные и иммунохимические методы анализа.
- 64.Гравиметрические, титриметрические и кинетические методы в анализе органических веществ.
- 65.Применение неводного титрования в аналитической химии.

### **Химическая метрология**

- 66.Хеометрика и химический анализ.
- 67.Статистика в аналитической химии.
- 68.Планирование и оптимизация эксперимента.
- 69.Аналитический сигнал: обнаружение, измерение, обработка.
- 70.Автоматизация и компьютеризация методов химического анализа.
- 71.Теория контроля и оптимизации.
- 72.Аналитическая служба как система.
- 73.Метрология качественного анализа.

### **Прикладная аналитическая химия**

- 74.Анализ алкогольной продукции (валидация методик измерений, стандартные образцы).
- 75.Аналитическая химия в ядерной энергетике. Экстракционное разделение циркония и гафния.
- 76.Анализ наркотических средств и их метаболитов в биологических объектах.
- 77.Тест-системы для определения рН растворов.
- 78. Тест-системы для определения катионов металлов в растворах и природных водах.
- 79.Цветометрические шкалы как основа визуального тестирования.
- 80.Тест-системы в клинической лабораторной диагностике (тесты на беременность, на ВИЧ, на КОВИД и другие).
- 81.Химические методы в анализе лекарственных препаратов.
- 82.Химические методы в анализе объектов окружающей среды.
- 83.Химические методы определения воды в продуктах питания.
- 84.Применение экстракции в токсикологическом анализе.
- 85.Химические методы определения озона.
- 86.Кинетические методы определения тяжелых металлов.
- 87.Химические методы определения глюкозы.
- 88.Применение экстракции в определении следовых количеств наркотических и медицинских препаратов.



- 89.Современные способы определения глюкозы в биологических жидкостях
- 90.Методы качественного и количественного определения антител к COVID-19.
- 91.Современные подходы к качественному и количественному определению РНК вирусов.
92. Методы анализа состава грунта и атмосферы, используемые в исследованиях других планет с помощью спускаемых аппаратов.
- 93.Определение макро- и микроэлементов в пищевых продуктах
- 94.Определение углеводов в пищевых продуктах
- 95.Определение содержания белка и аминокислот в продуктах питания
- 96.Определение водорастворимых витаминов в пищевых продуктах
- 97.Определение жирорастворимых витаминов в пищевых продуктах
- 98.Определение липидов и жирных кислот в пищевых продуктах

### **Современные методы аналитической химии**

- 99.Имуноферментный метод анализа.
100. Полимеразная цепная реакция и ее применение в анализе биологических объектов.
101. Дистанционные методы анализа.
102. Мультисенсорные системы. Электронный язык, электронный нос.
103. Нейтронно-активационный метод анализ следов элементов.
104. Дифференциальная сканирующая калориметрия и дифференциальный термический анализ.
105. Аналитическое ультрацентрифугирование
106. Микрофлюидные чипы как альтернатива полноразмерной аналитической лаборатории.
107. Полупроводниковые сенсоры: основные типы, принципы работы, примеры использования.
108. Биосенсоры как новый тип аналитических устройств.
109. Оптические биосенсоры: классификация, принципы работы, примеры использования
110. Электрохимические биосенсоры: классификация, принципы работы, примеры использования.

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**  
**БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
**ХИМИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ**  
**Кафедра аналитической химии**

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О КИСЛОТАХ И  
ОСНОВАНИЯХ**

Курсовая работа

Иванова Ивана Ивановича  
студента 2 курса, 2 группы  
специальность «Фундамен-  
тальная химия» очная  
форма обучения

---

(подпись студента)

Научный руководитель:  
Кандидат химических наук,  
Доцент Петров П.П.

Минск, 20\_\_

*Приложение 2*

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**  
**Белорусский государственный университет**

Химический факультет  
Кафедра аналитической химии

**Задание на выполнение курсовой работы**  
студента (ки) \_\_\_\_ курса \_\_\_\_ группы

---

(фамилия, имя, отчество)

1. Тема работы \_\_\_\_\_

---

Утверждена на заседании кафедры № \_\_\_\_ от \_\_\_\_ г.

Руководитель \_\_\_\_\_

(фамилия, имя, отчество, должность, ученая степень, ученое звание)

2. Срок сдачи студентом работы \_\_\_\_\_

3. Вопросы, которые необходимо раскрыть в курсовой работе

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

4. Рекомендации по литературному поиску: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

5. Примечания \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

6. Утверждение и выдача задания

Утверждаю \_\_\_\_\_ (подпись) \_\_\_\_\_ (ФИО руководителя)

\_\_\_\_\_

(дата)

Задание принял к исполнению

\_\_\_\_\_ (дата)

\_\_\_\_\_ (подпись студента)

Проинформирован о недопустимости привлечения третьих лиц к выполнению курсовой работы, плагиата, фальсификации или подлога материалов.

\_\_\_\_\_ (подпись)

\_\_\_\_\_ (инициалы, фамилия студента)

## Тематика лабораторных занятий по дисциплине «Аналитическая химия»

Занятие	Тема
1	Инструктаж по технике безопасности. Изучение качественных реакций катионов I-II аналитических групп. Анализ смеси катионов I-II групп.
2	Изучение качественных реакций катионов III группы. Анализ смеси катионов III группы.
3	Изучение качественных реакций катионов IV-V аналитических групп. Анализ смеси катионов IV-V групп.
4	Изучение кислотно-основной, сероводородной и аммиачно-фосфатной классификаций катионов. Анализ смеси катионов методом бумажной хроматографии.
5	Анализ смеси катионов I-V групп. Гравиметрическое определение содержание бария: осаждение.
6	Анализ смеси катионов I-V групп. Гравиметрическое определение содержание бария: фильтрование и прокаливание до постоянной массы.
7	Изучение качественных реакций различных анионов. Анализ смеси анионов.
8	Анализ смеси сухих солей.
9	Основы титриметрии. Приготовление стандартных растворов из фиксаналов. Кислотно-основное титрование. Стандартизация раствора щелочи. Количественное определение щелочи. Определение временной жесткости воды.
10	Титрование смеси борной и хлороводородной кислот. Определение содержания аммиака в солях аммония. Окислительно-восстановительное титрование. Стандартизация раствора перманганата калия.
11	Перманганатометрическое определение железа(II). Бихроматометрическое определение железа(II). Анализ содержания железа в сплаве методом окислительно-восстановительного титрования.
12	Иодометрия. Стандартизация раствора тиосульфата натрия. Иодометрическое определение содержания меди(II) в растворе. Анализ содержания сильной кислоты иодометрическим методом. Определение содержания сульфита в твердой соли.
13	Комплексонометрическое титрование. Стандартизация раствора Трилона Б. Определения кальция и магния при совместном присутствии. Определение общей жесткости воды.
14	Выполнение зачетной задачи.
15	Выполнение зачетной задачи.



**Тематика семинарских занятий по дисциплине  
«Аналитическая химия»**

Занятие	Тема
1	Активность и коэффициенты активности. Теория Дебая-Хюккеля. Константы равновесия. Решение задач на нахождение активности ионов, изучение влияния ионной силы на положение равновесия
2	Вывод выражения зависимости мольных долей форм кислот и оснований от pH. Материальный баланс и уравнение электронейтральности
3	Кислотно-основные равновесия в растворах. Расчет pH сильных и слабых кислот и оснований. Расчет pH смесей кислот и оснований. Понятие автопротолиза и константы автопротолиза, шкала pH
4	Буферные растворы. Расчет pH буферных растворов, буферная емкость
5	Понятие амфолита, расчет pH растворов амфолитов. Расчет pH в неводных растворах
6	Сложные кислотно-основные равновесия, решение задач
7	Равновесия в растворах комплексных соединений. Типы констант устойчивости комплексов. Расчет степени образования комплексов в растворе
8	Равновесия в растворах комплексных соединений. Расчет среднелигандного числа. Расчет условий количественного перевода металла в комплекс
9	Равновесия в системе осадок-раствор. Расчет растворимости в воде, в присутствии одноименного иона. Солевой эффект
10	Расчет растворимости при наличии конкурирующих процессов. Расчет условий начала осаждения и количественного осаждения
11	Расчет результатов гравиметрического анализа. Расчет и обоснование условий осаждения и промывания осадков. Подбор условий проведения гравиметрического анализа
12	Кислотно-основное титрование. Построение кривых кислотно-основного титрования. Расчет результатов титриметрических определений
13	Выбор индикатора и условий проведения кислотно-основного титрования. Расчет индикаторных погрешностей кислотно-основного титрования
14	Равновесие в окислительно-восстановительных реакциях. Электродный потенциал. Уравнение Нернста

15	Формальный потенциал. Расчет формальных потенциалов в различных условиях. Расчет состава равновесных смесей в ОВР
16	Окислительно-восстановительное титрование. Расчет кривых, индикаторных погрешностей. Расчет результатов окислительно-восстановительного титрования
17	Осадительное титрование и комплексометрическое титрование. Расчет кривых, расчет результатов анализа, подбор индикатора
18	Экстракция молекулярных форм. Экстракция ионных ассоциатов. Решение задач. Пути управления экстракционным процессом

## ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Учебная дисциплина не требует согласования			

# ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

на 2025 / 2026 учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание
1.	Дополнить программу дисциплины перечнем лабораторных работ. Перечень лабораторных работ прилагается.	Необходимость строго соблюдения графика лабораторных занятий во всех подгруппах, обеспечивающего оптимальное усвоение обучающимися программы дисциплины.
2.	Дополнить программу дисциплины перечнем семинарских занятий. Перечень семинарских занятий прилагается.	Необходимость строго соблюдения графика семинарских занятий во всех академических группах, обеспечивающего оптимальное усвоение обучающимися программы дисциплины.

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры аналитической химии (протокол № 18 от 19 июня 2025 г.)

Заведующий кафедрой

г.х.н., доцент

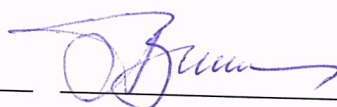


М.Ф.Заяц

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета

г.х.н., доцент



А.В.Зураев