

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный
университет им. Н.И. Лобачевского»**

Институт биологии и биомедицины

УТВЕРЖДЕНО
решением ученого совета ННГУ
протокол от
«16» июня 2021 г. № 8

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Аналитическая химия

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Направление подготовки / специальность

06.03.01 Биология

Профиль подготовки

Биология (общий профиль)

Квалификация (степень)

Бакалавр

Форма обучения

Очная

Нижегород
2022

1. Место и цели дисциплины в структуре ОПОП

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
3	Блок Б1 обязательная часть	Дисциплина Б1.О.14 Аналитическая химия является обязательной дисциплиной в ООП направления подготовки 06.03.01 Биология (общий профиль).

Целями освоения дисциплины «Аналитическая химия» являются:

- изучение теоретических основ современных химических,
- физико-химических (инструментальных) и физических методов анализа и исследования,
- получение навыков выполнения аналитических операций,
- сопоставление различных методов анализа и выбор оптимального для решения конкретной аналитической задачи.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции* (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине**	
ОПК-6. Способен использовать в профессиональной деятельности основные законы физики, химии, наук о Земле и биологии, применять методы математического анализа и моделирования, теоретических и экспериментальных исследований, приобретать новые математические и естественнонаучные знания, используя современные	ОПК-6.1 Знает: - основные концепции и методы, современные направления математики, физики, химии и наук о Земле, актуальные проблемы биологических наук и перспективы междисциплинарных исследований;	<i>Знает:</i> место аналитической химии в системе наук; существо реакций и процессов, используемых в аналитической химии; принципы использования основных методов химического анализа (химических, физических, биологических); иметь представление об особенностях анализа различных объектов	письменные ответы на вопросы контрольных работ; индивидуальный устный ответ по тематике лабораторного занятия; собеседование на экзамене, практические контрольные задания (ПКЗ), включающие выполнение одной или нескольких задач;
	ОПК-6.2 Умеет: - использовать навыки лабораторной работы и методы химии, физики, математического моделирования и математической статистики в профессиональной деятельности;	<i>Умеет</i> использовать положения соответствующих теорий для оценивания и анализа различных научных проблем в области химии	
	ОПК-6.3 Владеет: - методами статистического оценивания и проверки гипотез, прогнозирования перспектив и социальных	<i>Владеет</i> методологическими и метрологическими основами анализа, методологией выбора методов анализа конкретного объекта и методикой его	выполнение лабораторных работ по данной

образовательные и информационные технологии	последствий своей профессиональной деятельности.	проведения.	дисциплине;
ОПК-8. Способен использовать методы сбора, обработки, систематизации и представления полевой и лабораторной информации, применять навыки работы с современным оборудованием, анализировать полученные результаты.	ОПК-8.1 Знает: - основные типы экспедиционного и лабораторного оборудования, особенности выбранного объекта профессиональной деятельности, условия его содержания и работы с ним с учетом требований биоэтики;	<i>Знает</i> правила и принципы работы лабораторного оборудования при проведении работ по аналитической химии, правила представления результатов лабораторных исследований и составления по ним отчета	Отчет по лабораторным работам
	ОПК-8.2 Умеет: - анализировать и критически оценивать развитие научных идей, на основе имеющихся ресурсов составить план решения поставленной задачи, выбрать и модифицировать методические приемы;	<i>Умеет</i> составить отчет по лабораторным исследованиям, включающий представление и анализ экспериментальных данных.	
	ОПК-8.3 Владеет: - навыками использования современного оборудования в полевых и лабораторных условиях, способностью грамотно обосновать поставленные задачи в контексте современного состояния проблемы, способностью использовать математические методы оценивания гипотез, обработки экспериментальных данных, математического моделирования биологических процессов и адекватно оценить достоверность и значимость полученных результатов, представить их в широкой аудитории и вести дискуссию.	<i>Владеет</i> навыками составления отчетов по лабораторным исследованиям, включающий представление и анализ экспериментальных данных	

3. Структура и содержание дисциплины (модуля)

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная форма обучения
Общая трудоемкость	4 ЗЕТ
Часов по учебному плану	144
в том числе	
аудиторные занятия (контактная	

работа):	58
- занятия лекционного типа	28
- лабораторные работы	28
самостоятельная работа	50
КСР	2
Промежуточная аттестация – экзамен	36

Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			
		Занятия лекционного типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
Тема 1. Предмет, цели и задачи аналитической химии. Классификация аналитических методов. Характеристика аналитических реакций и реагентов.	4	2		2	2
Тема 2. Состояние вещества в растворе. Ионные равновесия.	4	2		2	2
Тема 3. Равновесия раствор-осадок малорастворимого электролита.	10	2	4	6	4
Тема 4. Реакции окисления-восстановления в аналитической химии.	8	2	2	4	4
Тема 5. Кислотно-основные равновесия. Теории кислот и оснований.	8	2	2	4	4
Тема 6. Комплексные соединения в аналитической химии.	6	2	2	4	2
Тема 7. Количественный анализ. Основные принципы и классификация методов количественного анализа. Отбор и подготовка проб к анализу. Гравиметрия.	6	2	2	4	2
Тема 8. Титриметрический анализ. Классификация методов, требования к реакциям, применяемым в титриметрии. Окислительно-восстановительное, кислотнo-основное и комплексонометрическое титрование.	8	2	2	4	4

Погрешности титрования.					
<i>Тема 9.</i> Методы разделения и концентрирования в аналитической химии.	6	2	2	4	2
<i>Тема 10.</i> Представление результатов химического анализа. Основы химической метрологии. Классификация погрешностей измерений. Оценка сходимости результатов. Правильность анализа и устранение систематических погрешностей. Понятие о стандартных образцах.	6	2	2	4	2
<i>Тема 11.</i> Классификация физических и физико-химических (инструментальных) методов анализа. Основные характеристики методов и требования, предъявляемые к ним.	8	2	2	4	4
<i>Тема 12.</i> Методы молекулярного спектрального анализа. Анализ по ИК спектрам. Спектрофотометрия и фотоколориметрия в видимой области спектра.	8	2	4	6	2
<i>Тема 13.</i> Элементный спектральный анализ. Атомно-эмиссионный спектральный анализ. Атомно-абсорбционный метод.	6	2		2	4
<i>Тема 14.</i> Электрохимические методы анализа. Общая характеристика и классификация электрохимических методов. Потенциометрия. Кондуктометрия.	10	2	4	6	4
<i>Тема 15.</i> Хроматографические методы. Принципы метода хроматографии. Качественный и количественный хроматографический анализ.	6	2		2	4
<i>Тема 16.</i> Анализ промышленных, природных и биологических объектов.	10	2	4	6	4
<i>В т.ч. текущий контроль</i>	2				
<i>Промежуточная аттестация – экзамен (36 часов)</i>					

Текущий контроль успеваемости проходит в рамках занятий семинарского и лабораторного типа. В конце семестра проводится экзамен.

Содержание дисциплины «Аналитическая химия»

Раздел 1

Введение

Предмет аналитической химии, ее структура; место в системе наук, связь с практикой. Виды анализа: изотопный, элементный, структурно-групповой (функциональный), молекулярный, вещественный, фазовый. Химические, физические и биологические методы анализа. Макро-, микро- и ультрамикроанализ.

Современное состояние и тенденции развития аналитической химии: инструментализация, автоматизация, математизация, миниатюризация, увеличение доли физических методов, переход к многокомпонентному анализу, создание сенсоров и тест-методов. Научная химико-аналитическая литература.

Типы химических реакций и процессов в аналитической химии

Основные типы химических реакций в аналитической химии: кислотно-основные, комплексообразования, окисления-восстановления. Используемые процессы: осаждение-растворение, экстракция, сорбция. Состояние веществ в идеальных и реальных системах. Поведение электролитов и неэлектролитов в растворах. Электролитическая диссоциация. Теория Дебая–Хюккеля. Коэффициенты активности. Общая и равновесная концентрации. Графическое описание равновесий.

Кислотно-основные реакции. Современные представления о кислотах и основаниях (теория Льюиса). Теория Бренстеда-Лоури. Константы кислотности и основности. Ионное произведение воды. Константа автопротолиза. Буферные растворы и их свойства. Буферная емкость. Вычисления pH растворов кислот и оснований, многоосновных кислот и оснований, смеси кислот и оснований.

Реакции комплексообразования. Типы комплексных соединений, используемых в аналитической химии. Классификация комплексных соединений (внутрисферные комплексы и ионные ассоциаты). Свойства комплексных соединений, имеющие аналитическое значение: устойчивость, растворимость, окраска, летучесть. Способы повышения чувствительности и селективности анализа с использованием комплексных соединений.

Окислительно-восстановительные реакции. Электродный потенциал. Уравнение Нернста. Стандартный и формальный потенциалы. Направление реакции окисления и восстановления. Факторы, влияющие на направление окислительно-восстановительных реакций. Основные неорганические и органические окислители и восстановители, применяемые в анализе.

Процессы осаждения и соосаждения. Равновесие в системе раствор - осадок. Осадки и их свойства. Произведение растворимости. Условия образования осадка. Факторы, влияющие на растворимость осадков: температура, ионная сила, действие одноименного иона.

Методы обнаружения и идентификации

Задачи и выбор метода обнаружения и идентификации химических соединений. Идентификация атомов, ионов и веществ. Дробный и систематический анализ. Микрорентгенофлуоресцентный анализ. Капельный анализ. Анализ растиранием порошков. Хроматографические методы качественного анализа. Экспрессный качественный анализ в производственных и полевых условиях. Примеры практического применения методов обнаружения.

Гравиметрический метод анализа

Сущность гравиметрического анализа, преимущества и недостатки метода. Общая схема определений. Требования к осаждаемой и гравиметрической формам. Примеры практического применения гравиметрического метода анализа.

Титриметрические методы анализа

Методы титриметрического анализа. Классификация. Требования, предъявляемые к реакции в титриметрическом анализе. Виды титриметрических определений: прямое, обратное, косвенное титрование. Способы выражения концентраций растворов в титриметрии. Эквивалент. Молярная масса эквивалента. Первичные стандарты, требования к ним. Фиксаналы. Вторичные стандарты. Виды кривых титрования. Скачок титрования. Точка эквивалентности и конечная точка титрования.

Кислотно-основное титрование. Построение кривых титрования. Влияние величины констант кислотности или основности, концентрации кислот или оснований, температуры, ионной силы на величину скачка на кривой титрования. Кислотно-основные индикаторы. Погрешности титрования при определении сильных и слабых кислот и оснований, смесей кислот и оснований. Примеры практического применения.

Окислительно-восстановительное титрование. Построение кривых титрования. Факторы, влияющие на величину скачка на кривой титрования. Методы окислительно-восстановительного титрования (перманганатометрия, йодометрия и йодиметрия, бихроматометрия). Первичные и вторичные стандарты. Индикаторы.

Осадительное титрование. Способы обнаружения конечной точки титрования; индикаторы. Погрешности титрования. Примеры практического применения.

Комплексометрическое титрование. Использование аминополикарбоновых кислот (комплексонов) в комплексонометрии. Металлохромные индикаторы и требования, предъявляемые к ним. Примеры практического применения.

Методы выделения, разделения и концентрирования

Основные методы разделения и концентрирования, их роль в химическом анализе. Сочетание методов разделения и концентрирования с методами определения; гибридные методы.

Метрологические основы химического анализа

Основные стадии химического анализа. Выбор метода анализа и составление схем анализа. Основные метрологические понятия и представления: измерение, методы и средства измерений, погрешности. Аналитический сигнал и помехи. Способы определения содержания по данным аналитических измерений.

Основные характеристики метода и методики анализа: правильность и сходимость, предел обнаружения, нижняя и верхняя границы определяемых содержаний.

Классификация погрешностей анализа. Систематические и случайные погрешности. Погрешности отдельных стадий химического анализа. Способы оценки правильности: использование стандартных образцов, метод добавок, метод варьирования навесок, сопоставление с другими методами. Статистическая обработка результатов измерений. Способы повышения сходимости и правильности анализа.

Раздел 2

Спектроскопические методы анализа

Спектр электромагнитного излучения. Классификация спектроскопических методов на основе спектра электромагнитного излучения (атомная, молекулярная, абсорбционная, эмиссионная спектроскопия).

Атомно-эмиссионный метод. Спектрографический и спектрометрический методы анализа, их особенности, области применения. Качественный и количественный анализ.

Атомно-абсорбционный метод. Возможности, преимущества и недостатки метода, его сравнение с атомно-эмиссионными методами (точность, избирательность, чувствительность, экспрессность). Примеры практического применения атомно-эмиссионного и атомно-абсорбционного методов.

Молекулярная абсорбционная спектроскопия (спектрофотометрия). Основной закон светопоглощения. Отклонения от закона, их причины. Способы определения концентрации веществ. Анализ многокомпонентных систем. Примеры практического применения метода.

Электрохимические методы анализа

Общая характеристика электрохимических методов. Классификация. Электрохимические ячейки. Индикаторный электрод и электрод сравнения.

Потенциометрия

Прямая потенциометрия. Измерение потенциала. Индикаторные электроды. Электроды сравнения. Электродная функция, коэффициент селективности, время отклика. Ионметрия. Примеры практического применения ионметрии.

Потенциометрическое титрование. Изменение электродного потенциала в процессе титрования. Способы обнаружения конечной точки титрования. Примеры практического применения.

Кондуктометрия

Электропроводность растворов и принципы кондуктометрии и кондуктометрического титрования.

Сравнительная характеристика чувствительности и избирательности, областей применения электрохимических методов.

Хроматографические методы анализа

Определение хроматографии. Понятие о подвижной и неподвижной фазах. Классификация методов по агрегатному состоянию подвижной и неподвижной фаз, по механизму разделения, по технике выполнения. Основные параметры хроматограммы. Качественный и количественный хроматографический анализ.

Основные объекты анализа

Объекты окружающей среды: воздух, природные и сточные воды, почвы, донные отложения. Характерные особенности и задачи их анализа.

Биологические и медицинские объекты. Аналитические задачи в этой области. Санитарно-гигиенический контроль.

Геологические объекты. Металлы и сплавы. Природные и синтетические органические вещества и элементоорганические соединения, полимеры. Виды анализа таких объектов и соответствующие методы. Специальные объекты анализа: токсичные и радиоактивные вещества, токсины в пищевых продуктах, наркотики, взрывчатые и легковоспламеняющиеся вещества, газы, космические объекты.

Практические занятия организуются, в том числе в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Практическая подготовка предусматривает: выполнение во время лабораторных работ практических заданий, написание тестов.

На проведение практических занятий в форме практической подготовки отводится 28 часов.

Практическая подготовка направлена на формирование и развитие:

Практических навыков в соответствии с направленностью программы.

Выполнение научно-исследовательских задач профессиональной деятельности:

- Участие в планировании, проведении и представлении результатов фундаментальных и практических научных исследований по актуальным проблемам в соответствующей области знания

Компетенций

ОПК-6. Способен использовать в профессиональной деятельности основные законы физики, химии, наук о Земле и биологии, применять методы математического анализа и моделирования, теоретических и экспериментальных исследований, приобретать новые математические и естественнонаучные знания, используя современные образовательные и информационные технологии

ОПК-8. Способен использовать методы сбора, обработки, систематизации и представления полевой и лабораторной информации, применять навыки работы с современным оборудованием, анализировать полученные результаты.

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках лекционных занятий.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа студентов в процессе изучения дисциплины «Аналитическая химия» предполагает чтение учебной и научной литературы, решение задач по тематическим разделам дисциплины, подготовка к лабораторным занятиям. Средствами для текущего контроля успеваемости являются контрольные работы и коллоквиум, которые проводятся по итогам изучения тематических разделов дисциплины. По итогам изучения дисциплины предусмотрен Экзамен.

К формам текущего контроля успеваемости дисциплины относится следующее:

- Устный опрос по темам лабораторных занятий.
- Контрольная работа «Состояние электролитов в растворе»
- Контрольная работа «Гетерогенные равновесия»
- Контрольная работа «Окислительно-восстановительные реакции»
- Контрольная работа «Гидролиз»

Темы лабораторных работ

№п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ
1	1	Частные реакции на анионы. Контрольная задача на анионы (качественный анализ).
2	1	Частные реакции на катионы I-III и VI аналитических групп. Контрольная задача

		на смесь катионов I, II, III и VI групп (качественный анализ).
3	1	Частные реакции катионов IV, V аналитических групп. Контрольная задача на смесь катионов III-VI групп (качественный анализ).
4	1	Приготовление 0.1 н. раствора серной кислоты. Определение щелочи в растворе (количественный анализ).
5	1	Определение общей жесткости воды. Определение содержания ионов кальция (II) в воде (количественный анализ).
6	2	Определение железа (III) по реакции с роданидом (оптические методы анализа).
7	2	Иодометрическое определение аскорбиновой кислоты (потенциометрические методы анализа)
8	1	Ионометрическое определение нитрат-ионов (потенциометрия).

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько незначительных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений . Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи . Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными незначительными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения,. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения	При решении стандартных	Имеется минимальны	Продemonстрированы	Продemonстрированы	Продemonстрированы	Продemonстрирован

	материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	задачи продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	творческий подход к решению нестандартных задач
--	--	--	---	--	--	--	---

Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне, выше предусмотренного программой
зачтено	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

Промежуточный контроль качества усвоения студентами содержания дисциплины проводится в виде комплексного экзамена, на котором определяется:

- уровень усвоения студентами основного учебного материала по дисциплине;
- уровень понимания студентами изученного материала;
- способности студентов использовать полученные знания для решения конкретных задач.

Экзамен проводится в устной форме в виде заданий теоретического курса. Студент должен дать полный и развернутый ответ.

К экзамену допускаются обучающиеся, выполнившие все лабораторные работы на момент сдачи экзамена, имеющие зачетные отчеты преподавателем, ведущим лабораторные занятия.

5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения.

5.2.1. Контрольные вопросы

	Вопрос	Код компетенции)
1.	Предмет аналитической химии. Структура аналитической химии (качественный и количественный анализ, классификация видов анализа по объему или массе пробы, по природе обнаруживаемых или определяемых частиц, другие виды классификации анализа). Классификация методов анализа (классические, инструментальные).	ОПК-6
2.	Этапы химического анализа. Постановка задачи, выбор метода и схемы анализа. Отбор пробы, подготовка пробы к анализу. Измерение аналитического сигнала. Обработка результатов измерений. Способы определения концентрации вещества по величине аналитического сигнала (метод градуировочного графика, метод добавок, косвенные методы).	ОПК-6
3.	Единицы количества вещества и способы выражения концентрации (массовая доля, процентная концентрация, титр, титр вещества по веществу, молярная концентрация, молярная концентрация эквивалента). Эквивалент, фактор эквивалентности. Пересчет одного способа выражения концентрации раствора в другой.	ОПК-6
4.	Погрешности химического анализа. Случайные, систематические и грубые погрешности. Их причины. Воспроизводимость, сходимость и правильность анализа. Проверка правильности результатов анализа. Элементы математической статистики при оценке случайных погрешностей. Критерий отбраковки результатов анализа. Представление результатов химического анализа в интервальном варианте.	ОПК-6
5.	Теория электролитической диссоциации. Диссоциация электролитов. Степень диссоциации. Константа диссоциации. Закон разбавления Оствальда.	ОПК-6
6.	Влияние электростатических взаимодействий на равновесие. Активность ионов, коэффициент активности, ионная сила раствора. Теория Дебая-Хюккеля. Предельный и расширенный закон Дебая-Хюккеля. Буферные растворы общей ионной силы.	ОПК-6
7.	Электролитическая диссоциация воды. Ионное произведение воды. Равновесие H^+ и OH^- в водных растворах. Показатель концентрации ионов водорода pH и показатель концентрации гидроксид-ионов pOH. Расчет pH в водных растворах сильных и слабых кислот и оснований (формулы с выводом). Буферные растворы. Сущность буферного действия. Буферная ёмкость. Расчет pH буферных растворов. Уравнение Гендерсона.	ОПК-6
8.	Равновесия в растворах гидролизующихся солей. Четыре типа солей: соль образованная сильным основанием и слабой кислотой, слабым основанием и сильной кислотой, слабым основанием и слабой кислотой, сильным основанием и сильной кислотой. Расчет pH водных растворах гидролизующихся солей (формулы с выводом).	ОПК-6

9.	Окислительно-восстановительные реакции. Их применение в аналитической химии. Процессы окисления и восстановления. Окислители и восстановители. Окислительно-восстановительные пары. Уравнивание окислительно-восстановительных реакций электронно-ионным методом (методом полуреакций). Уравнение Нернста. Стандартные потенциалы. Направление протекания окислительно-восстановительных реакций. Условные потенциалы. Влияние кислотности на направление окислительно-восстановительных реакций. Глубина протекания окислительно-восстановительных реакций. Связь константы равновесия и стандартных потенциалов окислительно-восстановительных пар.	ОПК-6
10.	Равновесия в гетерогенной системе. Гетерогенные системы. Концентрированные и разбавленные растворы. Насыщенные и ненасыщенные растворы. Равновесия в насыщенных растворах труднорастворимых электролитов. Произведение растворимости. Условие выпадения осадка. Расчет растворимости труднорастворимых электролитов в воде. Влияние одноименных ионов, индифферентных электролитов, кислотности на растворимость труднорастворимых солей.	ОПК-6
11.	Гравиметрический метод. Сущность метода. Гравиметрический фактор. Осаждаемая и гравиметрическая формы, требования к ним. Применение гравиметрического метода, достоинства и недостатки.	ОПК-6
12.	Титриметрический анализ. Требования, предъявляемые к реакциям в титриметрии. Классификация титриметрических методов (по характеру аналитической реакции, по способу проведения титрования). Первичные и вторичные стандарты. Приготовление стандартных растворов. Понятие точки эквивалентности, конечной точки титрования, скачка титрования. Основное уравнение титрования. Расчет концентрации анализируемого раствора и массы определяемого вещества.	ОПК-6
13.	Метод нейтрализации. Классификация (алкалиметрия и ацидометрия). Определяемые вещества. Первичные стандарты. Требования, предъявляемые к индикаторам. Ионная теория индикаторов. Хромофорная теория индикаторов. Ионно-хромофорная теория индикаторов. Расчет кривой титрования сильной и слабой кислоты щелочью. Скачок титрования. Принцип выбора индикатора.	ОПК-6
14.	Методы окислительно-восстановительного титрования (перманганатометрия, йодометрия, йодиметрия). Определение аскорбиновой кислоты.	ОПК-6
15.	Комплексометрическое титрование. Комплексонометрия. Трилон Б, этилендиаминтетрауксусная кислота. Взаимодействие трилона Б с ионами металлов (состав комплексов и условия протекания реакций). Индикаторы (специфические и металлохромные) в комплексонометрии. Жесткость воды. Определение жесткости воды методом комплексонометрии.	ОПК-6

16.	Электрохимические методы анализа. Потенциометрия. Электрохимическая ячейка. Типы индикаторных электродов. Вспомогательные электроды. Ионметрия. Катионная и анионная функция электрода. Уравнение Нернста. Крутизна электродной функции. Потенциометрическое титрование. Способы нахождения точки эквивалентности. Кондуктометрия. Основы метода. Кондуктометрическое титрование.	ОПК-6
17.	Спектроскопические методы анализа. Классификация (по типу частиц, взаимодействующих с веществом, по диапазону электромагнитного спектра, по характеру процесса взаимодействия излучения с веществом). Спектрофотометрия. Принцип метода, закон Бугера-Ламберта-Бера. Применение и возможности метода. Атомно-адсорбционная спектроскопия. Принцип метода, применение и возможности метода. Атомно-эмиссионная спектроскопия. Сущность метода, возникновение аналитического сигнала. Качественный и количественный анализ, оборудование. Применение и возможности метода.	ОПК-6
18.	Хроматографические методы анализа. Сущность метода, возникновение аналитического сигнала. Качественный и количественный анализ (способ градуировочного графика, нормировки, внутреннего стандарта). Оборудование. Применение и возможности метода.	ОПК-6

5.2.2. Вопросы к устному опросу и контрольным работам для оценки сформированности ОПК-6

1. Что такое «раствор»?
2. Чем отличаются истинные и коллоидные растворы?
3. Что такое «насыщенный раствор»?
4. Чем отличаются разбавленные и концентрированные растворы?
5. Может ли разбавленный раствор быть насыщенным,
6. а концентрированный – ненасыщенным? Если да, приведите примеры.
7. Как приготовить пересыщенный раствор и в чем его особенности?
8. Как приготовить раствор желаемой концентрации вещества из твердого вещества и из концентрированного раствора?
9. Как приготовить раствор путем разбавления концентрированного раствора в желаемом объемном соотношении?
10. Что происходит при растворении в воде ионных соединений и веществ с полярными ковалентными связями?
11. В чем различие сильных и слабых электролитов?
12. Каковы основные положения теории Дебая-Хюккеля?
13. Что понимают под условными константами равновесия? Приведите примеры их использования в аналитических расчётах.
14. Какие факторы влияют на величину коэффициента активности и ионной силы раствора?
15. Какие растворы называются насыщенными, концентрированными и разбавленными?
16. Какие равновесия устанавливаются в насыщенном водном растворе труднорастворимого электролита? Запишите формулы для расчета констант, характеризующих эти равновесия и укажите связь между ними.
17. Что такое произведение растворимости? В чем отличие концентрационного и термодинамического произведений растворимости? Какая величина приводится в справочниках?

18. Что такое «условие образования осадка»? Как можно сделать вывод о возможности образования осадка, если известно значение ПР труднорастворимого электролита и исходные концентрации реагентов?
19. Что такое растворимость? В каких единицах она измеряется? В чем разница между молекулярной и ионной растворимостью? В каких случаях можно пренебречь молекулярной составляющей растворимости?
20. Как рассчитывается ионная растворимость по известному значению произведения растворимости для электролитов различного состава (бинарных, тринарных, тетранарных)? Как рассчитывается молекулярная растворимость?
21. В чем заключается влияние индифферентного электролита на растворимость труднорастворимых солей? Как выводятся формулы для расчета ионной растворимости солей в этих условиях?
22. В чем заключается влияние одноименных ионов на растворимость труднорастворимых электролитов? В чем причина этого влияния? Как выводятся формулы для расчета ионной растворимости труднорастворимого электролита в присутствии одноименных ионов?
23. В чем заключается влияние кислотности среды на растворимость труднорастворимых солей и оснований? Как выводятся формулы для расчета растворимости труднорастворимых соединений различного состава в водных растворах, учитывающие кислотность среды?
24. Что такое рН начала и полного осаждения труднорастворимых гидроксидов и как рассчитываются эти величины?
25. Как влияет комплексообразование на растворимость труднорастворимых электролитов? Как выводятся формулы для расчета растворимости труднорастворимых электролитов при наличии комплексообразования?
26. В чем заключаются особенности окислительно-восстановительных реакций различных типов? Приведите примеры.
27. Каковы основные правила составления уравнений окислительно-восстановительных реакций методом ионно-электронного баланса?
28. Как используются редокс-реакции в качественном анализе для растворения малорастворимых соединений, разделения и маскирования ионов, обнаружения ионов? Приведите примеры.
29. Что принимается за эквивалент вещества в редокс-реакциях? Как рассчитывается число эквивалентов веществ с учетом фактора эквивалентности? Приведите примеры.
30. Каково соотношение между эквивалентной и молярной концентрацией раствора? Как рассчитываются массовая доля растворенного вещества и титр раствора? Приведите примеры.
31. Что является титрантами, стандартными (исходными) веществами и индикаторами в методах перманганатометрии и йодометрии?
32. Каковы возможности и ограничения методов перманганатометрии и йодометрии?
33. Каков механизм возникновения скачка потенциала на границе раздела фаз?
34. Что называется электродным потенциалом?
35. Запишите уравнение Нернста. Каковы размерность и смысл входящих в него величин?
36. Как рассчитывается константа равновесия окислительно-восстановительных реакций? Как с ее помощью оценивается направление и глубина протекания редокс реакций?
37. В чем отличия реального электродного потенциала от стандартного?
38. Как учитывают влияние кислотности среды, образования твердой фазы и процессов комплексообразования на величину редокс потенциала?
39. Что называют кривой окислительно-восстановительного титрования? Опишите ее общий вид и охарактеризуйте положение особых точек на кривой.
40. Как рассчитывается кривая титрования? Выполните расчеты на примере титрования железа(II) перманганатом калия (дихроматом калия) и постройте кривую.

41. Как рассчитывается протяженность (величина) скачка титрования?
42. Как зависит величина скачка титрования от концентрации исходных растворов и ионов водорода, разности стандартных потенциалов окислителя и восстановителя?
43. Как применяют кривые окислительно-восстановительного титрования?
44. Что такое ионное произведение воды? Какие факторы влияют на его величину?
45. Что такое водородный и гидроксидный показатели? Как рассчитать pH в растворах сильных кислот и оснований?
46. Выведите формулы для расчёта pH в растворах одноосновных слабых кислот и оснований.
47. Что такое гидролиз, константа гидролиза в свете протолитической теории Бренстеда-Лоури?
48. Какие факторы влияют на глубину протекания реакции гидролиза? Проиллюстрируйте ответ конкретными примерами.
49. Приведите примеры использования процессов гидролиза в систематическом ходе анализа катионов.
50. Что такое буферные растворы?
51. Что такое буферная ёмкость и от чего она зависит?
52. Как объяснить буферное действие растворов кислых солей?
53. Приведите примеры использования буферных растворов в химическом анализе.
54. В чем сущность методов кислотно-основного титрования и какие их разновидности используются?
55. Что применяют в качестве титрантов и исходных веществ в этом методе? Как готовят и стандартизируют растворы титрантов?
56. Какие важнейшие способы выражения концентрации используются в методе нейтрализации?
57. В чем заключаются особенности основных способов титрования (прямое и обратное титрование, способ отдельных проб и способ пипетирования)?
58. Что такое точка эквивалентности и конечная точка титрования?
59. Как рассчитываются кривые кислотно-основного титрования сильных и слабых протолитов (одно- и многоосновных на примере соляной, угольной и фосфорной кислот) и в чем их особенности? Как используются интегральная и дифференциальная формы кривых титрования?
60. Что такое константа титрования? Какова связь предельных возможности титрования сильных и слабых кислот и оснований (а также смесей протолитов) и константы титрования?
61. Что называется основным уравнением титриметрического анализа?
62. В чем заключается влияние концентрации и силы кислот и оснований на форму кривых титрования?
63. Как рассчитывается величина скачка титрования?
64. В каких случаях возможно и как реализуется раститрование смеси протолитов (на примере смесей соляной и уксусной кислот, щелочи и соды)?
65. Что такое кислотно-основные индикаторы? В чем основные положения ионной и хромофорной теорий кислотно-основных индикаторов?
66. Что такое интервал перехода и показатель титрования кислотно-основных индикаторов?
67. Как выбирают индикатор для титрования конкретной системы?
68. Что такое индикаторные погрешности? Какие виды индикаторных погрешностей бывают, как они рассчитываются и как их использовать?
69. Качественный химический анализ в химических и биологических исследованиях.
70. Требования к аналитическим реакциям и условия их протекания.
71. Направление аналитических реакций.
72. Классификация реакций и реагентов для качественного химического анализа.
73. Чувствительность и селективность аналитических реакций.

74. Сильные и слабые электролиты. Степень и константа диссоциации.
75. Диссоциация солей различных типов.
76. Диссоциация полиэлектролитов (на примере угольной и фосфорной кислот).
77. Диаграмма состояния слабых электролитов в растворе (на примере угольной кислоты).
78. Сильные электролиты. Ионная сила раствора.
79. Активность ионов в растворе и коэффициент активности.
80. Концентрированные и разбавленные растворы. Насыщенные и ненасыщенные растворы. Растворимость.
81. Гетерогенное равновесие. Произведение растворимости.
82. Условия образования осадков.
83. Солевой эффект в гетерогенных системах.
84. Влияние избытка одноименных ионов на растворимость осадков малорастворимых соединений.
85. Влияние pH на растворимость осадков.
86. Окислительно-восстановительные реакции в аналитической химии. Правила уравнивания.
87. Константа равновесия и направление реакций окисления-восстановления.
88. Кисотно-основное равновесие. Теория Аррениуса.
89. Протолитическая теория Бренстеда-Лоури.
90. Автопротолиз воды. Ионное произведение воды. pH водных растворов.
91. Вычисление pH растворов сильных кислот и оснований.
92. Вычисление pH растворов слабых кислот и оснований.
93. Буферные растворы. Буферная емкость.
94. Вычисление pH буферных растворов. Уравнение Гендерсона.
95. Гидролиз солей различных типов.
96. Вычисление pH в растворах гидролизующихся солей.
97. Количественный анализ в химических и биологических исследованиях.
98. Способы выражения концентраций. Приготовление и разбавление растворов.
99. Титриметрический анализ. Классификация по типу протекающих реакций и способу проведения титрования.
100. Виды и источники погрешностей эксперимента.
101. Представление аналитических данных.
102. Растворы в титриметрии. Первичный и вторичный стандарты.
103. Метод нейтрализации. Титранты и индикаторы.
104. Выбор индикатора для кислотно-основного титрования.
105. Перманганатометрия. Возможности метода и условия определения. Определение перманганатного индекса.
106. Йодометрия. Возможности метода. Определение БПК.
107. Комплексонометрия. Определение жесткости воды.
108. Физико-химические методы анализа. Краткая характеристика.
109. Фотометрические методы анализа. Закон Бугера.
110. Фотометрическое титрование. Возможности и ограничения метода.
111. Фотометрическое определение методом градуировочного графика.
112. Спектральные методы анализа.
113. Потенциометрия. Уравнение Нернста.
114. Возможности метода потенциометрического титрования.
115. Ионометрия. Возможности и ограничения метода.
116. Хроматографические методы анализа.
117. Методы химического и биологического тестирования.

5.2.3. Примерный перечень тестовых заданий для оценки сформированности компетенции ОПК-6:

1. Анализ, при котором пробу предварительно переводят в раствор, называют
 - а) анализ растворов
 - б) жидкий анализ
 - в) анализ мокрым путем
 - г) мокрый анализ
2. Наибольшие объемы и массы навесок пробы используют в
 - а) микроанализе
 - б) ультрамикроанализе
 - в) макроанализе
 - г) полумикроанализе
3. Расположите в правильной последовательности этапы проведения химического анализа
 - а) измерение аналитического сигнала
 - б) подготовка пробы к анализу
 - в) отбор пробы
 - г) вычисление концентрации и ее погрешности
4. Минимальная концентрация (или масса) вещества, при которой его можно обнаружить при выбранных условиях, это:
 - а) предельное разбавление
 - б) предел обнаружения
 - в) открываемый минимум
 - г) минимальное значение

5.2.4. Примерный перечень вопросов (устный опрос, письменные контрольные) для оценки сформированности знаний компетенции ОПК-6:

Пример билета для Экзамена

1. Предмет аналитической химии. Структура аналитической химии (качественный и количественный анализ, классификация видов анализа по объему или массе пробы, по природе обнаруживаемых или определяемых частиц, другие виды классификации анализа). Классификация методов анализа (классические, инструментальные).
2. Электрохимические методы анализа. Потенциометрия. Электрохимическая ячейка. Типы индикаторных электродов.
3. Рассчитайте растворимость оксалата серебра $\text{Ag}_2\text{C}_2\text{O}_4$ в воде, если известно, что $\text{PP}=3.5 \cdot 10^{-11}$.

Пример билета письменной контрольной работы:

1. Допишите и уравняйте следующие химические реакции, используя электронно-ионный метод (метод полуреакции):

$$\text{KMnO}_4 + \text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{MnO}_2 + \text{CO}_2 + \dots$$

$$\text{KMnO}_4 + \text{K}_2\text{SnO}_2 + \text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{MnO}_4 + \dots$$

$$\text{Mn}(\text{NO}_3)_2 + \text{Pb}_3\text{O}_4 + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{HMnO}_4 + \text{H}_2\text{O}$$
2. Вычислите эффективную константу равновесия окислительно-восстановительной реакции при pH 1:

$$\text{ClO}_3^- + \text{Mn}^{2+} + \text{H}^+ \rightarrow \text{Cl}_2 + \text{MnO}_2 + \text{H}_2\text{O}$$

5.2.5. Примеры практических заданий для оценки сформированности компетенции ОПК-6:

1. Обнаружить, какие анионы присутствуют в анализируемом растворе. (Для каждого студента предусматривается индивидуальная задача, в которой могут присутствовать различное количество анионов из следующего перечня: Cl^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , PO_4^{3-} , AsO_4^{3-} , NO_3^-).
2. Обнаружить, какие катионы присутствуют в анализируемом растворе. (Для каждого студента предусматривается индивидуальная задача, в которой могут присутствовать

различное количество катионов из следующего перечня: Ag^+ , Pb^{2+} , Ca^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+} , Al^{3+} , Cr^{3+} , Zn^{2+} , Sn^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mg^{2+} , Mn^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Hg^{2+} , K^+ , Na^+ , NH_4^+).

3. Определить содержание аскорбиновой (ацетилсалициловой) кислоты в препарате.

5.2.6. Примеры практических заданий для оценки сформированности компетенции ОПК-6:

1. Провести качественные реакции для обнаружения наиболее распространенных в окружающей среде и биологических объектах анионов, таких как Cl^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , PO_4^{3-} , AsO_4^{3-} , NO_3^- .
2. Провести качественные реакции для обнаружения наиболее распространенных в окружающей среде и биологических объектах катионов, таких как Ag^+ , Pb^{2+} , Ca^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+} , Al^{3+} , Cr^{3+} , Zn^{2+} , Sn^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mg^{2+} , Mn^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Hg^{2+} , K^+ , Na^+ , NH_4^+).
3. Методы и приемы работы с посудой в качественном анализе.
4. Методы и приемы работы с посудой в количественном анализе.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля) «Аналитическая химия»

Теоретическая подготовка к лабораторным занятиям и промежуточной аттестации может осуществляться по следующим литературным источникам:

а) основная литература:

1. Васильев В. П. - Аналитическая химия: [учеб. для химико-технол. специальностей вузов] : в 2 ч. [Ч.] 1. - М.: Высшая школа, 1989. - 319, [1] с. (58 экз. в библиотеке ННГУ).

б) дополнительная литература:

1. Васильев В. П. - Аналитическая химия: [учеб. для химико-технол. специальностей вузов] : в 2 ч. [Ч.] 2. - М.: Высшая школа, 1989. - 383, [1] с. (42 экз.)
2. Крылов В.А., Сергеев Г.М., Елипашева Е.В. Введение в хроматографические методы анализа. Часть 1. Ионный обмен и ионная хроматография. Часть 2. Практическая ионная хроматография. Учебно-методическое пособие. Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2011. 40 с. Зарегистрировано в ФОЭР ННГУ 24.10.12. Режим доступа: http://www.unn.ru/books/met_files/Krylov1.pdf.

в) Интернет-ресурсы:

1. <http://www.chem.msu.ru/rus/books/2001-2010/dorohova/all.pdf>
2. www.students.chemport.ru/materials/md/chemmert.pdf
3. ЭБС «Юрайт». Режим доступа: <http://biblio-online.ru>.
4. ЭБС «Консультант студента». Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru>.
5. ЭБС «Лань». Режим доступа: <http://e.lanbook.com/>.
6. ЭБС «Znanium.com». Режим доступа: www.znanium.com.
7. Научная электронная библиотека (<http://www.elibrary.ru>).
8. Сайт издательства «Springer» (<http://www.springer.com>).
9. Сайт издательства «Elsevier» (<http://www.sciencedirect.com>).
10. База данных «Scopus» (<http://www.scopus.com>).
11. База данных «Web of Science» (<http://web.ofknowledge.com/>).
12. Сайт научного совета по аналитической химии РАН:

<http://www.rusanalytchem.org>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного и лабораторного типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, укомплектованные специализированной мебелью. Для проведения занятий лекционного и семинарского типа имеются демонстрационное оборудование (доска, переносное мультимедийное оборудование (проектор, ноутбук)). Материально-техническое обеспечение лабораторного практикума - лаборатория, оснащенная

оснащенными посудой, реактивами и оборудованием, необходимыми для проведения качественного и количественного анализа. Лаборатория физико-химических методов анализа оборудована газовым хроматографом Хромос-1000, фотоэлектроколориметрами КФК-2, кондуктометром № 5721, иономерами универсальными ЭВ-74, рН-метрами милливольтметрами рН-121, рН-метрами Mettler Toledo Five Easy FE 20, магнитными мешалками, плитками и другим лабораторным оборудованием. Имеются помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ

Авторы _____ д.х.н., доцент Нипрук О.В.

Рецензент _____ д.х.н., доцент Маркин А.В.

Заведующий кафедрой аналитической химии ХФ _____ д.х.н., проф. Крылов В.А.

Программа одобрена на заседании Методической комиссии Института биологии и биомедицины от 24.02.2021 года, протокол № 4.