

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Химический факультет

(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО  
решением ученого совета ННГУ  
протокол от  
« 16 » июня 20 21 г. № 8

**Рабочая программа дисциплины**

**АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

**специалитет**

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

**04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия»**

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

**Органическая химия**

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения

**очная**

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород

2021 год

## Лист актуализации

---

---

### Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК

4 июня 2021 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  
исполнения в 2021-2022 учебном году на заседании кафедры

---

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

---

---

### Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК

\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  
исполнения в 20\_\_ -20\_\_ учебном году на заседании кафедры

---

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

---

---

### Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК

\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  
исполнения в 20\_\_ -20\_\_ учебном году на заседании кафедры

---

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

---

---

### Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК

\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  
исполнения в 20\_\_ -20\_\_ учебном году на заседании кафедры

---

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

## **1. Место дисциплины в структуре ОПОП**

Дисциплина «Аналитическая химия» относится к обязательной части Блока 1 ОПОП по специальности 04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия» специализации «Органическая химия» (Б1.О.03), является обязательной для освоения студентами очной формы обучения на втором году обучения в 3 и 4 семестрах, соответственно.

Необходимой базой для освоения аналитической химии являются курсы химии, математики и физики, преподаваемые в средних общеобразовательных школах или в средних специальных учебных заведениях. Для успешного и полного освоения разделов аналитической химии и получения навыков выполнения анализа необходимы знания химических свойств, состава и строения простых веществ и химических соединений, понимание взаимосвязи строения вещества и протекающих химических реакций, умение прогнозирования свойств веществ на основе закономерностей, вытекающих из периодического закона и Периодической системы элементов. Освоение современных инструментальных методов анализа (физических и физико-химических) требует знания фундаментальных разделов физики. Грамотная статистическая обработка результатов химического анализа невозможна без освоения фундаментальных разделов математики. Для наиболее полного использования приемов аналитической химии в анализе объектов окружающей среды, биологических и технологических сред требуется владение программным обеспечением компьютеров и их использование для планирования химических исследований и обработки экспериментальных данных. В этой связи, для успешного изучения курса аналитической химии рекомендуется предварительное освоение материала таких дисциплин как общая химия, физика, математика, информатика и современные информационные технологии.

Знания и навыки, приобретенные в курсе изучения аналитической химии, необходимы для успешного освоения всех дисциплин базовой и вариативной части профессионального цикла и успешного проведения исследовательской работы.

Дисциплина «Аналитическая химия» является основой для изучения таких областей знания как физическая химия, органическая химия, высокомолекулярные соединения, химия элементоорганических соединений, химии природных соединений.

### **Целями освоения дисциплины «Аналитическая химия» являются:**

- системное освоение основных теоретических положений аналитической химии на современном уровне развития науки, экспериментальной техники и достижений промышленного производства;
- приобретение практических навыков проведения исследований в области аналитической химии как фундаментальной науки.

### **Задачи дисциплины:**

- изучение теории химических процессов в растворах, гетерогенных системах и плазме, лежащих в основе аналитических методов;
- изучение теоретических основ современных химических и инструментальных методов анализа, их возможностей, областей применения и ограничений;
- формирование навыков практической аналитической работы, формирование умения сопоставлять различные методы анализа и выбирать лучший из них для решения конкретной аналитической задачи;
- формирование умения применять основные приемы аналитического разделения, концентрирования и определения веществ для анализа реальных объектов.

## **2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)**

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	
<b>ОПК-1</b> Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности.	ОПК-1.1. Систематизирует и анализирует результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений, а также результаты расчетов свойств веществ и материалов	<i><b>Знать</b></i> способы расчета содержания анализа в объекте по результатам эксперимента. <i><b>Уметь</b></i> вычислять концентрацию и массу определяемого компонента по величине аналитического сигнала. <i><b>Владеть</b></i> прямыми и косвенными методами определения содержания анализа по экспериментально определенному значению аналитического сигнала.	Устный опрос, контрольная работа, экзамен
	ОПК-1.2. Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии	<i><b>Знать</b></i> виды погрешностей, возникающих в процессе проведения анализа химическими и инструментальными методами. <i><b>Уметь</b></i> подтверждать правильность получаемых результатов анализа, выявлять грубые погрешности, вычислять случайные погрешности и сопоставлять их теоретическими возможностями методов <i><b>Владеть</b></i> способами расчета случайных и систематических погрешностей и представления результатов анализа.	
	ОПК-1.3. Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности	<i><b>Знать</b></i> важнейшие характеристики используемых аналитических методов, позволяющие сделать заключение о корректности и достоверности полученных результатов анализа. <i><b>Уметь</b></i> сравнивать результаты эксперимента с собственными результатами, полученными ранее при решении аналогичных задач и/или с результатами, описанными в литературе. <i><b>Владеть</b></i> навыками критической оценки получаемых результатов при формулировании заключения и выводов.	

<b>ОПК-2</b> Способен проводить химический эксперимент с соблюдением современного оборудования, соблюдая нормы техники безопасности.	ОПК-2.1. Работает с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности	<p><b>Знать</b> физико-химические свойства и технику безопасности химических веществ, применяемых в анализе.</p> <p><b>Уметь</b> работать с химическими веществами, используемыми в химическом анализе, соблюдая технику безопасности.</p> <p><b>Владеть</b> навыками работы с аппаратурой и оборудованием, используемом в химическом анализе, соблюдая технику безопасности.</p>	Устный опрос, контрольная работа, экзамен
	ОПК-2.2. Использует существующие и разрабатывает новые методики получения и характеристики веществ и материалов для решения задач профессиональной деятельности	<p><b>Знать</b> алгоритм проведения стандартных операций для определения химического состава анализируемой пробы.</p> <p><b>Уметь</b> осуществлять стандартные операции при проведении химического анализа.</p> <p><b>Владеть</b> навыками проведения стандартных операций, используемых при определении химического состава анализируемой пробы.</p>	
	ОПК-2.3. Проводит исследования свойств веществ и материалов с использованием современного научного оборудования	<p><b>Знать</b> алгоритм работы на основных широко используемых современных аналитических приборах.</p> <p><b>Уметь</b> осуществлять базовые операции на современном аналитическом оборудовании при проведении исследования.</p> <p><b>Владеть</b> навыками работы на современном оборудовании для решения технологических, экологических и научно-исследовательских задач.</p>	
<b>ОПК-3</b> Способен применять расчетно-теоретические методы для изучения свойств веществ и процессов с их участием, используя современное программное	ОПК-3.1. Применяет теоретические и полуэмпирические модели при решении задач химической направленности	<p><b>Знать</b> современные теоретические и полуэмпирические модели решения аналитических задач.</p> <p><b>Уметь</b> применять математические модели для обработки результатов изучения химического состава анализируемой пробы.</p> <p><b>Владеть</b> навыками построения теоретических и полуэмпирических моделей при решении задач аналитической химии.</p>	Устный опрос, контрольная работа, экзамен

обеспечение и базы данных профессионального назначения	ОПК-3.2. Использует стандартное программное обеспечение и специализированные базы данных при решении задач профессиональной деятельности	<i><b>Знать</b></i> основные приемы обработки результатов химического анализа с помощью современного программного обеспечения. <i><b>Уметь</b></i> получать и обрабатывать результаты химического анализа с помощью современного программного обеспечения. <i><b>Владеть</b></i> навыками работы с программным обеспечением современных аналитических приборов.	
<b>ОПК-4</b> Способен планировать работы химической направленности, обрабатывать и интерпретировать полученные результаты с использованием теоретических знаний и практических навыков решения математических и физических задач	<b>ОПК-4.1.</b> Использует базовые знания в области математики и физики при планировании работ химической направленности	<i><b>Знать</b></i> основные законы физики и химии, необходимые для корректной постановки и проведения эксперимента по изучению состава объектов различного происхождения с помощью инструментальных методов. <i><b>Уметь</b></i> выбирать метод анализа для получения необходимой информации о качественном и количественном составе анализируемых объектов. <i><b>Владеть</b></i> методами анализа веществ с использованием современного аналитического оборудования в рамках классических и инструментальных методов анализа.	Устный опрос, контрольная работа, экзамен
	<b>ОПК-4.2.</b> Обрабатывает данные с использованием стандартных способов аппроксимации численных характеристик	<i><b>Знать</b></i> фундаментальные основы математики и физики для решения аналитических задач. <i><b>Уметь</b></i> анализировать качественные и количественные результаты анализа при помощи аппроксимации. <i><b>Владеть</b></i> навыками обработки данных с последующей интерпретацией полученных результатов.	

	ОПК-4.3. Интерпретирует результаты химических наблюдений с использованием физических законов и представлений	<b>Знать</b> рамки применимости теоретических знаний и практических навыков для решения тех или иных исследовательских задач. <b>Уметь</b> применять знания в области физики, математики и химии для описания наблюдаемых явлений. <b>Владеть</b> физическими основами методов анализа для интерпретации полученных в результате химического эксперимента данных.	
<b>ОПК-6</b>  Способен представлять результаты профессиональной деятельности в устной и письменной форме в соответствии с нормами и правилами, принятыми в профессиональном сообществе.	ОПК-6.1. Представляет результаты работы в виде отчета по стандартной форме на русском языке	<b>Знать</b> правила представления результатов химического анализа в стандартной форме. <b>Уметь</b> излагать и представлять результаты химического анализа в виде отчета по стандартной форме на русском языке. <b>Владеть</b> способами представления результатов химического анализа в стандартной форме.	Устный опрос, контрольная работа, экзамен
	ОПК-6.2. Представляет информацию химического содержания с учетом требований библиографической культуры	<b>Знать</b> правила оформления результатов химического эксперимента с учетом требований библиографической культуры. <b>Уметь</b> использовать знания теории и практики современных методов анализа для получения библиографических сведений по заданной проблематике. <b>Владеть</b> способами изложения результатов химического анализа с учетом требований библиографической культуры.	

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	<b>очная форма обучения</b>
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>12</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>432</b>
<b>в том числе</b>	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	<b>326</b>

- занятия лекционного типа	128
- лабораторного типа	128
- занятия семинарского типа	70
самостоятельная работа	34
Промежуточная аттестация – экзамен	72

### 3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе					
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы				Самостоятельная работа обучающегося, часы	
		из них					
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего		
	Очная	Очная	Очная	Очная	Очная	Очная	
Введение	5	4			4	1	
Ионные равновесия	48	20	12	12	44	4	
Гетерогенные равновесия	46	16	8	18	42	4	
Количественный анализ	66	20	12	30	62	4	
Методология химического анализа	15	4	3	4	11	4	
Итого в 3 семестре	180	64	35	64	163	17	
Спектральные методы анализа	48	18	10	16	44	4	
Электрохимические методы анализа	64	18	10	32	60	4	
Хроматографические методы анализа	48	18	10	16	44	4	
Другие физические методы анализа	12	6	2		8	4	
Основные объекты анализа	8	4	3		7	1	
Итого в 4 семестре	180	64	35	64	163	17	
Итого	360	128	70	128	326	34	



Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий лабораторного и семинарского типа.

Промежуточная аттестация проходит в виде комплексного экзамена в устной форме в виде ответа обучающегося на теоретические вопросы курса (с предварительной подготовкой), решении практических задач и последующим собеседованием в рамках тематики курса. Собеседование проводится в форме вопросов, на которые студент должен дать краткий ответ

### **Содержание разделов дисциплины**

#### **3.1.1. Классический химический анализ**

##### **3.1.1.1. Введение в аналитическую химию**

Предмет аналитической химии, место в системе наук, связь с практикой. Значение аналитической химии в науке, экономике и других сферах. Основные этапы развития аналитической химии. Современное состояние и тенденции развития аналитической химии: инструментализация, автоматизация, математизация, миниатюризация, увеличение доли физических методов, переход к многокомпонентному анализу, создание сенсоров и тест-методов. Основные аналитические проблемы: снижение предела обнаружения, повышение точности и избирательности, обеспечение экспрессности, анализ без разрушения, локальный анализ, дистанционный анализ. Научная химико-аналитическая литература.

Структура и классификация современной аналитической химии. Терминология в аналитической химии. Качественный и количественный анализ. Виды анализа: изотопный, элементный, структурно-групповой (функциональный), молекулярный, вещественный, фазовый. Химические, физические и биологические методы анализа. Макро-, полумикро-, микро-, ультрамикро- и субмикроанализ.

##### **3.1.1.2. Ионные равновесия**

**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. Константы равновесия реакций и процессов. Состояние веществ в идеальных и реальных системах. Сольватация, ионизация, диссоциация. Поведение электролитов и неэлектролитов в растворах. Теория Дебая–Хюккеля. Коэффициенты активности. Концентрационные константы. Общая и равновесная концентрации. Условные константы. Графическое описание равновесий.

**Кислотно-основные реакции.** Современные представления о кислотах и основаниях (теория Льюиса). Теория Бренстеда-Лоури. Константы кислотности и основности. Кислотные и основные свойства растворителей. Константа автопротолиза. Влияние природы растворителя на силу кислоты и основания, нивелирующий и дифференцирующий эффект растворителя. 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. Ступенчатое комплексообразование. Количественные характеристики комплексных соединений: константы устойчивости (ступенчатые и общие), функция образования (среднее лигандное число), функция закомплексованности, степень образования комплекса. Факторы, влияющие на комплексообразование: строение центрального атома и лиганда, концентрация компонентов, pH, ионная сила раствора, температура. Влияние комплексообразования на

растворимость соединений, кислотно-основное равновесие, окислительно-восстановительный потенциал систем, стабилизацию различных степеней окисления элементов. Способы повышения чувствительности и селективности анализа с использованием комплексных соединений.

**Окислительно-восстановительные реакции.** Электродный потенциал. Уравнение Нернста. Стандартный и формальный потенциалы. Связь константы равновесия со стандартными потенциалами. Направление реакции окисления и восстановления. Факторы, влияющие на направление окислительно-восстановительных реакций. Понятие о смешанных потенциалах. Основные неорганические и органические окислители и восстановители, применяемые в анализе. Методы предварительного окисления и восстановления определяемого компонента.

### 3.1.1.3. Гетерогенные равновесия

**Процессы осаждения и соосаждения.** Равновесие в системе раствор - осадок. Осадки и их свойства. Понятие произведения растворимости. Расчет растворимости труднорастворимых электролитов по величине произведения растворимости. Факторы, влияющие на растворимость осадков: температура, ионная сила, действие одноименного иона, реакции протонизации, комплексообразования, окисления-восстановления, структура и размер частиц. Условия получения кристаллических и аморфных осадков. Гомогенное осаждение. Старение осадка. Причины загрязнения осадка (совместное осаждение, соосаждение, последующее осаждение). Классификация различных видов соосаждения (адсорбция, окклюзия, изоморфизм). Положительное и отрицательное значение явления соосаждения в анализе.

### 3.1.1.4. Количественный анализ

**Гравиметрический метод анализа.** Сущность гравиметрического анализа, преимущества и недостатки метода. Прямые и косвенные методы определения. Важнейшие органические и неорганические осадители. 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 (титрование заместителя). 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. Автоматические титраторы.

**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-основное титрование в неводных средах. 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: концентрация ионов водорода, образование комплексов и малорастворимых соединений, ионная сила, температура. Способы определения конечной точки титрования; индикаторы. Погрешности 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.** Неорганические и органические титранты в комплексометрии. Использование аминополикарбоновых кислот (комплексонов) в комплексометрии. Металлохромные индикаторы и требования, предъявляемые к ним. Способы комплексометрического титрования: прямое, обратное, косвенное. Селективность титрования и способы ее повышения. Погрешности титрования. Примеры практического применения.

### **3.1.1.5. Методология химического анализа**

**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. Разделение сопоставимых количеств элементов и отделение малых количеств от больших. Одноступенчатые и многоступенчатые процессы разделения. Константы распределения. Коэффициент распределения. Степень извлечения. Коэффициент разделения. Коэффициент концентрирования.

**Метрологические основы химического анализа.** Основные стадии химического 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: коэффициент чувствительности, предел обнаружения, нижняя и верхняя границы определяемых содержаний, правильность и воспроизводимость.

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. Стандартные образцы, их изготовление, аттестация и использование. Статистическая обработка результатов измерений. Закон нормального распределения случайных ошибок,  $t$ - и  $F$ -распределения. Среднее, дисперсия, стандартное отклонение. Проверка гипотезы нормальности, гипотезы однородности результатов измерений. Сравнение дисперсии и средних двух методов анализа. Регрессионный анализ. Требования к метрологическим характеристикам методов и методик в зависимости от объекта и цели анализа. Способы повышения воспроизводимости и правильности анализа.

### **3.1.2. Инструментальные методы анализа**

#### **3.1.2.1. Спектральные методы анализа**

**Спектроскопические методы.** Спектр электромагнитного излучения (энергия, способы ее выражения; термины, символы и единицы энергии излучения; диапазоны излучения, типы энергетических переходов). Основные типы взаимодействия вещества с излучением: эмиссия (тепловая, люминесценция), поглощение, рассеяние. Классификация спектроскопических методов по энергии. Классификация спектроскопических методов на основе спектра электромагнитного излучения (атомная, молекулярная) и характера взаимодействия электромагнитного излучения с веществом (абсорбционная, эмиссионная спектроскопия).

Спектры атомов. Основные и возбужденные состояния атомов, характеристики состояний. Энергетические переходы. Правила отбора. Законы испускания и поглощения. Вероятности электронных переходов и времена жизни возбужденных состояний. Характеристики спектральных линий: положение в спектре, интенсивность, полуширина. Спектры молекул; их особенности. Схемы электронных уровней молекулы. Представление о

полной энергии молекул как суммы электронной, колебательной и вращательной. Зависимость вида спектра от агрегатного состояния вещества. Основные законы поглощения электромагнитного излучения (Бугера–Ламберта–Бера) и излучения (Ломакина–Шейбе). Связь аналитического сигнала с концентрацией определяемого соединения. Аппаратура. Способы монохроматизации лучистой энергии.

### **Методы атомной спектроскопии**

**Атомно-эмиссионный метод.** Источники атомизации и возбуждения: электрические разряды (дуговые, искровые, пониженного давления), пламена, индуктивно-связанная плазма, лазеры. Основные характеристики источников атомизации: температура плазмы, состав пламени, концентрация электронов. Физические и химические процессы в источниках атомизации и возбуждения. Спектрографический и спектрометрический методы анализа, их особенности, области применения. Качественный и количественный анализ. Основная аппаратура: спектрографы, квантометры. Метод эмиссионной спектрометрии пламени. Подготовка пробы к анализу, особенности введения пробы в пламена. Горелки и распылители. Пламенные фотометры и спектрофотометры.

**Атомно-абсорбционный метод.** Атомизаторы (пламенные и непламенные). Источники излучения (лампы с полым катодом, источники сплошного спектра, лазеры), их характеристики. Возможности, преимущества и недостатки метода, его сравнение с атомно-эмиссионными методами (точность, избирательность, чувствительность, экспрессность). Примеры практического применения атомно-эмиссионного и атомно-абсорбционного методов.

**Атомно-флуоресцентный.** Принцип метода; особенности и применение.

**Рентгенофлуоресцентный метод.** Принцип метода; особенности и применение.

### **Методы молекулярной (УФ, видимой и ИК) спектроскопии**

**Молекулярная абсорбционная спектроскопия (спектрофотометрия).** Функциональный анализ по колебательным и электронным спектрам. Основной закон светопоглощения. Отклонения от закона, их причины (химические; температура, эффекты, обусловленные растворителем; рассеяние света; монохроматизация излучения). Понятие об истинном и кажущемся молярном коэффициенте поглощения. Инструментальные погрешности; оптимальный интервал измеряемых значений оптической плотности. Способы определения концентрации веществ. Измерение высоких, низких оптических плотностей (дифференциальный метод). Анализ многокомпонентных систем. Примеры практического применения метода.

**Молекулярная люминесцентная спектроскопия.** Общая классификация молекулярной люминесценции. Схема Яблонского. Флуоресценция и фосфоресценция. Закон Стокса-Ломмеля. Правило зеркальной симметрии Левшина. Энергетический и квантовый выход. Закон Вавилова. Тушение люминесценции. Люминесцентный качественный и количественный анализ. Приборы в люминесценции. Примеры практического применения метода.

#### **3.1.2.2. Электрохимические методы анализа**

Общая характеристика электрохимических методов. Классификация. Электрохимические ячейки. Индикаторный электрод и электрод сравнения. Равновесные и неравновесные электрохимические системы. Явления, возникающие при протекании тока (омическое падение напряжения, концентрационная и кинетическая поляризация). Поляризационные кривые и их использование в различных электрохимических методах.

### **Потенциометрия**

**Прямая потенциометрия.** Измерение потенциала. Обратимые и необратимые окислительно-восстановительные системы. Уравнение Нернста. Индикаторные электроды. Явления на электродах и в приэлектродном пространстве. Ионметрия. Классификация ионселективных электродов: электроды с гомогенными и гетерогенными кристаллическими мембранами, стеклянные электроды, электроды с подвижными носителями, ферментные и газочувствительные электроды. Уравнение Никольского. Электродная функция, коэффициент селективности, время отклика. Примеры практического применения ионметрии.

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

### **Кулонометрия**

Теоретические основы метода. Способы определения количества электричества. Прямая кулонометрия и косвенная (кулонометрическое титрование). Кулонометрия при постоянном токе и постоянном потенциале. Внешняя и внутренняя генерация кулонометрического титранта. Титрование электроактивных и электронеактивных компонентов. Определение конечной точки титрования. Преимущества и ограничения метода кулонометрического титрования по сравнению с другими титриметрическими методами. Примеры практического применения.

### **Вольтамперометрия**

Классификация вольтамперометрических методов. Преимущества и недостатки ртутного электрода. Применение твердых электродов. Получение и характеристика вольтамперной кривой. Конденсаторный, миграционный, диффузионный токи. Предельный диффузионный ток. Полярография. Уравнение Ильковича. Уравнение полярографической волны Ильковича – Гейровского. Потенциал полуволны. Факторы, влияющие на величину потенциала полуволны.

**Амперометрическое титрование.** Сущность метода. Индикаторные электроды. Выбор потенциала индикаторного электрода. Амперометрическое титрование с одним и двумя поляризованными электродами. Виды кривых титрования. Примеры практического применения вольтамперометрических методов и амперометрического титрования. Определение концентрации веществ методом градуировочного графика и методом добавок с использованием классической, осциллографической, переменного тока вольтамперометрии.

### **Кондуктометрия**

Электропроводность растворов и принципы кондуктометрии и кондуктометрического титрования.

Сравнительная характеристика чувствительности и избирательности, областей применения электрохимических методов.

#### **3.1.2.3. Хроматографические методы анализа**

Сущность хроматографии. Понятие о подвижной и неподвижной фазах. Классификация методов по агрегатному состоянию подвижной и неподвижной фаз, по механизму разделения, по технике выполнения. Способы получения хроматограмм (фронтальный, вытеснительный, элюентный). Основные параметры хроматограммы. Основное уравнение хроматографии. Селективность и эффективность хроматографического разделения. Теория теоретических тарелок. Кинетическая теория. Разрешение как фактор оптимизации

хроматографического процесса. Качественный и количественный хроматографический анализ.

**Газовая хроматография. Газоадсорбционная (газотвердофазная) и газожидкостная хроматография.** Сорбенты и носители, требования к ним. Механизм разделения. Схема газового хроматографа. Колонки. Детекторы, их чувствительность и селективность. Области применения газовой хроматографии.

**Жидкостная хроматография.** Виды жидкостной хроматографии. Преимущества высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ). Нормально-фазовый и обращенно-фазовый варианты. Полярные и неполярные неподвижные фазы и принципы их выбора. Модифицированные силикагели как сорбенты. Схема жидкостного хроматографа. Насосы, колонки. Основные типы детекторов, их чувствительность и селективность.

**Ионообменная хроматография.** Строение и физико-химические свойства ионообменников. Ионообменное равновесие. Селективность ионного обмена и факторы его определяющие. Области применения ионообменной хроматографии. Ионная хроматография как вариант высокоэффективной ионообменной хроматографии. Особенности строения и свойства сорбентов для ионной хроматографии. Одноколоночная и двухколоночная ионная хроматография, их преимущества и недостатки. Ионохроматографическое определение катионов и анионов. Ион-парная и лигандообменная хроматография. Общие принципы. Подвижные и неподвижные фазы. Области применения.

**Эксклюзионная хроматография.** Общие принципы метода. Подвижные и неподвижные фазы. Особенности механизма разделения. Определяемые вещества и области применения метода.

**Плоскостная хроматография.** Общие принципы разделения. Способы получения плоскостных хроматограмм (восходящий, нисходящий, круговой, двумерный). Реагенты для проявления хроматограмм. Тонкослойная хроматография. Механизмы разделения. Сорбенты и подвижные фазы. Бумажная хроматография. Механизмы разделения. Подвижные фазы. Области применения.

#### **3.1.2.4. Другие физические методы анализа**

Масс-спектрометрия. Идентификация и определение органических веществ; элементный и изотопный анализ. Хромато-масс-спектрометрия. Общие представления о резонансных (ЭПР-, ЯМР-, Мессбауэровская спектроскопия) и ядерно-физических методах.

#### **3.1.2.5. Применение классических и инструментальных методов для анализа реальных объектов**

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

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.

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

Неорганические соединения. Вещества высокой чистоты (в том числе полупроводниковые материалы, материалы высокотемпературной сверхпроводимости); определение в них основных компонентов, примесных и легирующих микроэлементов.

Природные и синтетические органические вещества и элементоорганические соединения, полимеры. Виды анализа таких объектов и соответствующие методы. Примеры решения задач контроля органических производств.

Специальные объекты определения: токсичные и радиоактивные вещества, токсины в пищевых продуктах, наркотики, взрывчатые и легковоспламеняющиеся вещества, газы.

### Лабораторный практикум

№п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ
1	3.1.1.2. и 3.1.1.3.	Индивидуальные реакции на анионы. Контрольная задача на анионы (качественный анализ).
2	3.1.1.2. и 3.1.1.3.	Индивидуальные реакции на катионы I-III и VI аналитических групп. Контрольная задача на смесь катионов I, II, III и VI групп (качественный анализ).
3	3.1.1.2. и 3.1.1.3.	Индивидуальные реакции катионов IV, V аналитических групп. Контрольная задача на смесь катионов III-VI групп (качественный анализ).
4	3.1.1.3.	Контрольная задача на смесь катионов I-VI групп (качественный анализ).
5	3.1.1.4. и 3.1.1.5	Установление нормальности раствора тиосульфата натрия по стандартному раствору дихромата калия. Определение содержания ионов меди (II) в смеси, полученной при обработке бронзы (количественный анализ).
6	3.1.1.4.	Приготовление стандартного раствора оксалата натрия. Установление нормальности раствора перманганата калия по стандартному раствору оксалата натрия. Определение массы ионов железа (II) в образце (количественный анализ).
7	3.1.1.4.	Приготовление 0.1 н. раствора серной кислоты. Раздельное определение соды и щелочи в смеси.
8	3.1.1.4.	Определение общей жесткости воды. Определение содержания ионов кальция (II) в воде.
9	3.1.2.1.	Определение железа (III) по реакции с роданидом.
10	3.1.2.1.	Изучение спектров поглощения растворов перманганата и дихромата, раздельное определение хрома (VI) и марганца (VII) в растворе (.
11	3.1.2.1.	Определение $\text{Cu}^{2+}$ методом фотометрического титрования раствором трилона Б.
12	3.1.2.2.	Кондуктометрическое титрование смеси двух электролитов.
13	3.1.2.2.	Ионометрическое определение нитрат-ионов.
14	3.1.2.2.	Потенциометрическое титрование смеси двух кислот в водном растворе.
15	3.1.2.2.	Потенциометрическое титрование смеси двух сильных кислот в неводной среде.
16	3.1.2.2.	Потенциометрическое титрование раствора железа (II) раствором дихромата калия.
17	3.1.2.3.	Ионообменное разделение катионов цинка и никеля. Определение их содержания комплексонометрическим титрованием.
18	3.1.2.3.	Газохроматографическое разделение и определение предельных углеводородов или галогенпроизводных углеводородов.

**Примечания:**

1. Из работ 9-18 обязательны для выполнения 9 по усмотрению преподавателя (10 занятий).
2. 3 занятия планируются на выполнение УИРС.
3. Три занятия планируются на сдачу теоретических допусков.
4. Последовательность выполнения работ устанавливается преподавателем.

**4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Самостоятельная работа студентов включает работу в читальном зале библиотеки, в учебных кабинетах (лабораториях) и в домашних условиях, с доступом к ресурсам Интернет для подготовки к устному опросу, контрольным работам и тестам, а также оформление научных рисунков в альбоме как отчета по соответствующим темам лабораторных работ.

Отчеты по лабораторным работам представляют собой отчетный документ о работе студента в течение семестра. Наличие отчетов, зачитанных преподавателем, ведущего лабораторные занятия, является необходимым условием допуска к сдаче экзамена по дисциплине. Это также один из эффективных методов познания, так как именно в процессе написания отчета студент детально и вдумчиво анализирует основные этапы проведения анализа, проводит расчеты концентрации определяемого компонента, формулирует вывод о проделанной работе, что способствует лучшему усвоению материала, развивает у студентов внимание и наблюдательность.

К формам текущего контроля успеваемости дисциплины относится следующее:

- Устный опрос;
- Контрольные работы по темам: «Растворы»; «Состояние вещества и ионные реакции в разбавленных растворах»; «Химическое равновесие в системе «водный раствор-труднорастворимый электролит»; «Окислительно-восстановительные реакции»; «Кислотно-основное равновесие»; «Кислотно-основное титрование»;
- Коллоквиумы по темам разделов 3.1.1. и 3.1.2;
- Проверка отчетов по темам лабораторных занятий.

*Основу для самостоятельной подготовки студентов составляют учебно-методические пособия:*

1. Кулешова Н.В., Абражеев Р.В., Елипашева Е.В., Лизунова Г.М., Лукутцов А.А., Нипрук О.В. Сборник задач по аналитической химии. Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2017. 78 с.
2. Кулешова Н.В., Нипрук О.В., Абражеев Р.В. Методическое руководство к лабораторным работам по аналитической химии. Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2017. 55 с.
3. Абражеев Р.В., Кулешова Н.В., Нипрук О.В. Методическое руководство по качественному анализу. Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2017. 60 с.
4. Абражеев Р.В., Елипашева Е.В., Кулешова Н.В., Лизунова Г.М., Лукутцов А.А., Нипрук О.В. Сборник задач по аналитической химии для студентов II курса. Часть I. Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2016. 78 с.
5. Калугин А.А., Нипрук О.В., Абражеев Р.В. Фотометрия. Лабораторные работы для студентов химического факультета. Учебно-методическое пособие. Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2014. 28 с.
6. Крылов В.А., Мосягин П.В. Хромато-масс-спектрометрическое определение веществ. Учебное пособие. Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2014. 80 с.
7. Абражеев Р.В., Елипашева Е.В., Калугин А.А., Крылов В.А., Кулешова Н.В., Лизунова Г.М., Лукутцов А.А., Нипрук О.В., Сергеев Г.М. Лабораторные работы по качественному анализу для студентов химического и биологического факультетов. Учебно-методическое пособие. Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2013. 45 с.



8. Абражеев Р.В., Калугин А.А., Крылов В.А., Бочкарева Л.В. Лабораторные работы по фотометрическим методам анализа. Учебно-методическое пособие. Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2013. 87 с.
9. Мосягин П.В., Крылов В.А. Газохроматографическое определение органических токсикантов в воде. Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2012. 64 с. [Электронное учебно-методическое пособие]: [http://www.unn.ru/books/met\\_files/Chrom.pdf](http://www.unn.ru/books/met_files/Chrom.pdf).
10. Абражеев Р.В. Методы атомной спектроскопии в аналитической химии. Учебно-методическое пособие. Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2011. 39 с.
11. Крылов В.А., Сергеев Г.М., Елипашева Е.В. Введение в хроматографические методы анализа. Ионный обмен и ионная хроматография. Учебно-методическое пособие. Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2011. 40 с.
12. Крылов В.А., Сергеев Г.М., Шляпунова Е.В. Практическая ионная хроматография. Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2010. 54 с.
13. Абражеев Р.В., Калугин А.А., Крылов В.А., Кулешова Н.В., Лизунова Г.М., Лукутцов А.А., Нипрук О.В., Сергеев Г.М. Сборник вопросов и задач по аналитической химии (инструментальные методы анализа) для самостоятельной работы студентов II курса. Учебно-методическое пособие. Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2007. 40 с.
14. Сергеев Г.М., Крылов В.А. Ионообменная хроматография. Описание лабораторной работы студентов II курса очной формы обучения химического факультета. Учебно-методическая разработка. Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2005. 17 с.
15. Крылов В.А. Хромато-масс-спектрометрический метод анализа. Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет. 2004. 55 с.

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проходит в форме **зачета** и **экзамена** в 3 и 4 семестрах. К экзамену допускаются обучающиеся, выполнившие все лабораторные работы и сдавшие все отчеты по темам лабораторных занятий.

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 6.2.

## 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	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 несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.

	я от ответа						
<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 несущественными 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 материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

При изучении дисциплины «Аналитическая химия» студенты получают следующие знания, умения и владения в рамках освоения компетенций **ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-4, ОПК-6:**

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

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

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

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

**ОПК-2.2.** Использует существующие и разрабатывает новые методики получения и характеристики веществ и материалов для решения задач профессиональной деятельности

**ОПК-2.3.** Проводит исследования свойств веществ и материалов с использованием современного научного оборудования

**ОПК-3.1.** Применяет теоретические и полуэмпирические модели при решении задач химической направленности

**ОПК-3.2.** Использует стандартное программное обеспечение и специализированные базы данных при решении задач профессиональной деятельности

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

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

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

**ОПК-6.1.** Представляет результаты работы в виде отчета по стандартной форме на русском языке

**ОПК-6.2.** Представляет информацию химического содержания с учетом требований библиографической культуры

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 в 3 и 4 семестрах проводится в устной форме в виде ответа обучающегося на теоретические вопросы курса (с предварительной подготовкой), решении практических задач и последующим собеседованием в рамках тематики курса. Собеседование проводится в форме вопросов, на которые студент должен дать краткий ответ

**Для проведения промежуточного контроля сформированности компетенции используется ответ по билету на экзамене.**

#### **Шкала оценки при промежуточной аттестации**

<b>Оценка</b>		<b>Уровень подготовки</b>
зачтено	Превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
	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»

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

### 5.2.1 Контрольные вопросы

Вопросы	Код формируемой компетенции
<b>Тема 1. Введение в аналитическую химию</b> Современное состояние аналитической химии. Задачи аналитической химии. Виды химического анализа: изотопный, элементный, функциональный, молекулярный, вещественный, фазовый. Анализ без разрушения; локальный анализ; дистанционный анализ. Макро-, микро- и ультрамикроанализ. Классификация и общая характеристика физических и химических методов анализа. Инструментальные методы. Классификация и общая характеристика физико-химических методов анализа.	<b>ОПК-4</b>
<b>Тема 2. Ионные равновесия</b> Теория электролитической диссоциации. Электролиты и неэлектролиты. Сильные и слабые электролиты. Химическое равновесие. Константа диссоциации, ступенчатая диссоциация. Расчет состояния вещества, участвующего в ступенчатой диссоциации. Щелочь и гидроксид аммония как аналитические реагенты. Соляная и серная кислоты как аналитические реагенты. Перманганат и дихромат калия как аналитические реагенты. Окисление–восстановление. Составление уравнений окислительно–восстановительных реакций. Зависимость направления и глубины протекания реакций окисления–восстановления от pH среды. Влияние комплексообразующих веществ на окислительно–восстановительные равновесия. Константы равновесия окислительно–восстановительных реакций. Комплексные соединения в аналитической химии.	<b>ОПК-2, ОПК-3</b>

Концентрация ионов в растворах комплексных солей. Константа устойчивости. Растворение осадков в присутствии комплексообразующих веществ (лигандов). Роль и значение комплексных соединений в аналитической химии. Типы комплексов. Вода как электролит. Константы автопротолиза растворителей. Водородный показатель. pH растворов солей, кислот, оснований. Вычисление pH буферных растворов. Гидролиз. Константа и степень гидролиза. Расчет pH растворов гидролизующихся солей. Расчет pH растворов сильных и слабых одноосновных кислот. Кислотно-основные равновесия в многокомпонентных системах.	
<b>Тема 3. Гетерогенные равновесия</b> Растворимость, произведение растворимости, их вычисление. Условия выпадения осадков. Влияние одноименных и разноименных ионов на растворимость малорастворимых электролитов. Растворимость осадков в избытке осадителя. Растворимость и условия осаждения малорастворимых гидроксидов. Влияние комплексообразования на растворимость малорастворимых соединений. Влияние кислотности среды на растворимость малорастворимых соединений. Растворимость амфотерных соединений.	ОПК-2, ОПК-3
<b>Тема 4. Количественный анализ</b> Гравиметрический анализ. Осаждение из гомогенного раствора. Форма осаждения и весовая форма, требования к ним. Методы титриметрического анализа, требования к реакциям в титриметрическом анализе. Моль–эквивалент, его вычисление. Нормальность раствора, титр раствора. Основное уравнение для вычислений в титриметрическом анализе. Исходные вещества. Кислотно–основное титрование. Расчет кривых титрования сильных и слабых кислот и оснований. Критерии возможности титрования. Выбор индикатора по кривой титрования. Погрешности титрования при определении кислот и оснований. Индикаторы, применяемые в методе нейтрализации. Их классификация. Теория индикаторов. Расчет кривых окислительно–восстановительного титрования. Потенциал, отвечающей точке эквивалентности. Кривые окислительно–восстановительного титрования. Понятие об индикаторах. Относительная точность титрования. Комплексонометрическое титрование. Влияние условий титрования и выбор индикаторов.	ОПК-2, ОПК-3  ОПК-1  ОПК-2, ОПК-3
<b>Тема 5. Методология химического анализа</b> Этапы проведения химического анализа. Постановка цели и задачи анализа. Выбор метода анализа. Отбор и подготовка пробы к анализу. Измерение аналитического сигнала. Оценка достоверности аналитических данных. Представление аналитических результатов.	ОПК-4  ОПК-6
<b>Тема 6. Спектральные методы анализа</b> Происхождение спектров поглощения. Связь спектральных характеристик со строением вещества. Законы светопоглощения. Отклонения от закона Бугера–Ламберта–Бера. Прямое фотометрическое определение веществ в растворах. Фотометрическое титрование. Закон аддитивности в фотометрии.	ОПК-2, ОПК-3

<p>Его практическое использование. Влияние немонохроматичности света на точность и селективность фотометрического определения. Люминесцентный метод анализа. Основы метода. Закон Вавилова. Закон Стокса-Ломмеля. Правило Левшина. Атомно-абсорбционный метод анализа. Принцип метода. Способы атомизации. Неселективное поглощение. Атомно-абсорбционный метод анализа. Источники света. Количественный анализ. Атомно-эмиссионный анализ. Теоретические основы метода. Источники возбуждения спектров. Явление самопоглощения. Причины уширения спектральных линий. Атомно-эмиссионный спектральный метод анализа. Связь спектральных характеристик элемента с его положением в Периодической системе. Количественное определение элементов. Вращательная спектроскопия молекул. Происхождение спектров вращения. Количественный анализ. ИК - спектроскопия. Источники излучения. Происхождение колебательных спектров поглощения. Связь спектральных характеристик со строением вещества. Количественный анализ.</p> <p>Возможности спектральных методов.</p>	<p>ОПК-4</p>
<p><b>Тема 7. Электрохимические методы анализа</b></p> <p>Индикаторные потенциометрические электроды. Классификация и селективность электродов. Мембранные электроды. Принцип действия, устройство. Стекланные электроды. Устройство, особенности работы. Вспомогательные потенциометрические электроды. Принцип действия, устройство. Ионметрическое определение концентраций ионов в растворах. Способы определения конечных точек по кривым потенциометрического титрования. Теоретические основы кондуктометрического метода анализа. Типы кривых кондуктометрического титрования. Полярография. Принцип метода. Вольтамперная кривая и ее характеристики. Качественный и количественный анализ.</p> <p>Возможности электрохимических методов.</p>	<p>ОПК-2, ОПК-3</p> <p>ОПК-4</p>
<p><b>Тема 8. Хроматографические методы анализа</b></p> <p>Классификация и принципиальные основы хроматографических методов анализа. Принципы, лежащие в основе газохроматографического разделения компонентов. Теория теоретических тарелок. Разрешение пиков. Газоадсорбционная хроматография. Основы метода. Газожидкостная хроматография. Основы метода. Неподвижные жидкие фазы, сорбенты, твердые носители. Влияние природы неподвижной фазы и сорбента на результаты хроматографического разделения. Причины размывания хроматографических полос. Уравнение Ван-Деемтера. Капиллярные и насадочные колонки. Хромато-масс - спектрометрический метод анализа. Принципиальные основы метода. Возможности метода. Жидкостная хроматография. Ее разновидности. Принципы, лежащие в основе разделения смесей. Планарная хроматография и ее разновидности. Метод получения хроматограмм. Двумерная хроматография. Методы детектирования. Ионообменная хроматография. Принципы, лежащие в основе разделения и концентрирования компонентов анализируемых смесей. Факторы, влияющие на время</p>	<p>ОПК-2, ОПК-3</p>

<p>удерживания вещества.Ионная хроматографии. Детектирование в ионной хроматографии. Возможности одно- и двухколоночного вариантов метода. Планарная хроматография и ее разновидности. Тонкослойная хроматография. Методы получения хроматограмм. Двумерная хроматография. Методы детектирования. Бумажная хроматография. Основы метода. Качественный хроматографический анализ. Количественный хроматографический анализ. Метод светорассеяния. Принципиальные основы метода. Ультрамикроскопия. Нефелометрия и турбидиметрия. Предельные возможности методов анализа. Предел обнаружения. Систематические и случайные погрешности анализа. Правильность анализа.</p>	<p><b>ОПК-4</b></p>
<p><b>Тема 9. Другие физические методы анализа</b>  Масс-спектрометрический метод анализа. Принципиальные основы метода. Масс-спектр. Разрешение метода. Предельные возможности метода. Методы ионизации: электронный удар, фотоионизация, электростатическое неоднородное поле, химическая ионизация. Ионный ток и сечение ионизации. Потенциалы появления ионов. Типы ионов в масс-спектрометрах: молекулярные, осколочные, метастабильные, перегруппировочные, многозарядные и отрицательные. Принципиальная схема масс-спектрометра Демпстера. Времяпролетный масс-спектрометр. Квадрупольный масс-спектрометр. Спектрометр ион-циклотронного резонанса. Применение масс-спектрометрии для идентификации веществ. Хромато-масс-спектрометрия. Общие представления о резонансных (ЭПР-, ЯМР-, Мессбауэровская спектроскопия) и ядерно-физических методах.</p>	<p><b>ОПК-2, ОПК-3</b></p>
<p><b>Тема 10. Применение классических и инструментальных методов для анализа реальных объектов</b>  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. Анализ силикатов, карбонатов, железных, никель-кобальтовых руд, полиметаллических руд. 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. Изотопные материалы. Определение тория, урана, плутония, трансплутониевых элементов и некоторых продуктов деления. Неорганические соединения. Вещества высокой чистоты (в том числе полупроводниковые материалы, материалы высокотемпературной сверхпроводимости); определение в них основных компонентов, примесных и легирующих микроэлементов. Природные и синтетические органические вещества и элементоорганические соединения, полимеры. Виды анализа таких объектов и соответствующие методы.</p>	<p><b>ОПК-1</b></p>

<p>Примеры решения задач контроля органических производств. Специальные объекты определения: токсичные и радиоактивные вещества, токсины в пищевых продуктах, наркотики, взрывчатые и легковоспламеняющиеся вещества, газы.</p>	
---	--

### 5.2.2. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции

#### ***Примерные задания для оценки сформированности компетенции ОПК-1:***

1. Каково процентное содержание карбоната в КОН, если при титровании раствора щелочи с фенолфталеином израсходовано 28.6 мл, а с метиловым оранжевым 29.7 мл раствора соляной кислоты?
2. При определении содержания кальция в воде потенциал Са-селективного электрода с идеальной Нернстовской функцией оказался равным 80 мВ. В стандартном растворе хлорида кальция, содержащем 40 мг/л (Са) потенциал равен 120 мВ. Каково содержание кальция в воде, мг/л?
3. При определении содержания железа (III) в растворе получили следующие результаты: 18.2, 18.3, 18.25, 18.5, 18.2, 18.25 мкг/л. Нужно ли исключить величину 18.45мл? Представьте результаты химического анализа.

#### ***Примерные задания для оценки сформированности компетенции ОПК-2:***

1. Проведите эксперимент и установите присутствие нитрат-ионов в растре. Какие анионы могут мешать обнаружению нитратов по реакции “бурого кольца”? Ответ объясните.
2. Осадок, полученный при действии на исследуемую задачу смесью растворов соляной и серной кислот, без остатка растворился в растворе аммиака. Сделайте вывод о составе задачи.
3. Можно ли использовать раствор бихромата калия для осаждения стронция? Приведите формулу осадка.
4. Как проверить, какой из ионов:  $\text{Sn}^{2+}$  или  $\text{Sn}^{4+}$  присутствует в растворе? Как перевести  $\text{Sn}^{4+}$  в  $\text{Sn}^{2+}$ ?
5. Как устранить мешающее влияние аммония при обнаружении калия?

#### ***Примерные задания для оценки сформированности компетенции ОПК-3:***

1. Рассчитайте диаграмму состояния фосфорной кислоты в растворе. С использованием полученной диаграммы выберете оптимальный pH для осаждения гидрофосфата магния.
2. Как изменится растворимость  $\text{AgCNS}$  в 0.01 моль/л растворе аммиака по сравнению с растворимостью в воде ( $\text{PP}_{\text{AgCNS}} = 1.1 \cdot 10^{-12}$ ,  $\lg K_1 = 3.32$ ;  $\lg K_2 = 3.92$ ).
3. Рассчитайте индикаторную погрешность при титровании 0.1 н раствора гидроксида натрия раствором соляной кислоты в присутствии метилового оранжевого.

#### ***Примерные задания для оценки сформированности компетенции ОПК-4:***

1. Предложите способ определения нитрат-ионов в водном растворе на уровне концентраций  $10^{-3}$  моль/л. Сформулируйте основные этапы анализа.
2. Какой индикатор следует использовать при титровании водного раствора аммиака кислотой. Ответ поясните.

#### ***Примерные задания для оценки сформированности компетенции ОПК-6:***

1. Определите содержание меди (II) в водном растворе путем титрования стандартным раствором Трилона Б. Напишите отчет о проделанной работе.



## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### а) основная литература:

1. Никитина Н.Г., Борисов А.Г., Хаханина Т.И. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа. Учебник и практикум для прикладного бакалавриата. 4-е изд., пер. и доп. [Электронный ресурс]. М.: Юрайт. 2016. 394 с. Режим доступа: <https://biblio-online.ru/viewer/90EB442F-2F25-4151-A05F-CD36C266691F#page/1>.
2. Борисов, А. Н. Аналитическая химия. Расчеты в количественном анализе: учебник и практикум для прикладного бакалавриата. [Электронный ресурс] / А. Н. Борисов, И. Ю. Тихомирова. — 2-е изд., испр. и доп. — М.: Издательство Юрайт, 2016. — 118 с. Режим доступа: <https://biblio-online.ru/viewer/730FA9A7-4150-444A-A614-5878CE7C04DC#page/1>.
3. Аналитическая химия. Химические методы анализа: Учеб. пос. [Электронный ресурс] / А.И. Жебентяев, А.К. Жерносек и др. - 2-е изд., стер. - М.: НИЦ ИНФРА-М; Мн.: Нов. знание, 2014. - 542 с.: ил.; 60х90 1/16. - (Высш. обр.: Бакалавр.). Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=419626/>
4. Основы аналитической химии: [учеб. для вузов]: в 2 кн. / Алов Н.В., Барбалат Ю.А., Дорохова Е.Н., Золотов Ю.А., Иванова Е.К. Кн. 2. - М.: Высшая школа, 2002. - 494 с.
5. Основы аналитической химии: [учеб. для вузов]: в 2 кн. / Большова Т.А., Брыкина Г.Д., Гармаш А.В., Долманова И.Ф., Дорохова Е.Н., Золотов Ю.А., Иванов В.М., Фадеева В.И., Шпигун О.А. Кн. 1. - М., 2002. - 351 с.

### б) дополнительная литература:

1. Аналитическая химия. Хроматографические методы анализа: Учебное пособие. [Электронный ресурс] / А.И. Жебентяев. - М.: НИЦ Инфра-М; Мн.: Нов. знание, 2013. - 206 с. Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=399829/>
2. Аналитическая химия. Количественный анализ. Физико-химические методы анализа: практикум [Электронный ресурс]: учебное пособие / Харитонов Ю.Я., Джабаров Д.Н., Григорьева В.Ю. - М.: ГЭОТАР-Медиа, 2012. Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970421994.html>
3. Подкорытов, А.Л. Аналитическая химия. Окислительно-восстановительное титрование: учебное пособие для вузов. [Электронный ресурс]. / А.Л. Подкорытов, Л.К. Неудачина, С.А. Штин. М.: Издательство Юрайт, 2017. 60 с. Режим доступа: <https://biblio-online.ru/viewer/1DBE7179-E7D7-412C-922C-840DB6B32463#page/1>
4. Аналитическая химия. Ч. 2. Количественный анализ (оптические, рентгенофазовый и рентгеноструктурный методы) [Электронный ресурс]: Метод. указания по курсу "Аналитическая химия" / А.Д. Смирнов, А.М. Голубев, В.Н. Горячева и др. - М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2007. Режим доступа: [http://www.studentlibrary.ru/book/bauman\\_0592.html](http://www.studentlibrary.ru/book/bauman_0592.html)
5. Аналитическая химия. Аналитика 1. Общие теоретические основы. Качественный анализ [Электронный ресурс] / Харитонов Ю.Я. - М.: ГЭОТАР-Медиа, 2014. Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970429341.html>
6. Аналитическая химия. Аналитика 2. Количественный анализ. Физико-химические (инструментальные) методы анализа [Электронный ресурс] / Ю.Я. Харитонов - М.: ГЭОТАР-Медиа, 2014. Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970429419.html>
7. Аналитическая химия. Качественный анализ. Титриметрия. Сборник упражнений [Электронный ресурс]: учебное пособие [Электронный ресурс] / Ю.Я. Харитонов, Д.Н. Джабаров - М.: ГЭОТАР-Медиа, 2015. Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970432723.html>

8. Васильев В.П. Аналитическая химия. Кн. 1. - М.: Дрофа, 2005. - 366 с.
9. Васильев В.П. Аналитическая химия. Кн. 2. - М.: Дрофа, 2005. – 383 с.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины)

1. Дорохова Е.Н., Прохорова Г.В. Задачи и вопросы по аналитической химии. М.: Мир, 2001. 267 с. [Электронный ресурс]:  
<http://www.chem.msu.ru/rus/books/2001-2010/dorohova/all.pdf>
2. Шаповалова Е.Н., Пирогов А.В. Хроматографические методы анализа. Методическое пособие для специального курса. МГУ, 2007. [Электронный ресурс]:  
<http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/analyt/chrom/part1.pdf>
3. Гармаш А.В., Сорокина М.Н. Метрологические основы аналитической химии [Электронный ресурс]:  
<http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/analyt/garmash.pdf>,
4. Сайт научного совета по аналитической химии РАН: <http://www.rusanalytchem.org>

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии на сайтах издательств «Юрайт» (<http://www.urait.ru/>) и электронных библиотечных системах ННГУ (<http://www.lib.unn.ru/ebs.html>), доступ к которым предоставлен студентам. Сайты издательств содержат произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонды библиотек сформированы с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов.

## 7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения представляют собой учебные аудитории (лекционные с вместимостью 200 человек и семинарские с вместимостью 40 человек) для проведения учебных занятий, предусмотренных программой. Лекционные аудитории (308 корп. 5, 328 корп. 2) оснащены оборудованием и техническими средствами обучения: переносным мультимедийным проектором, ноутбуком и выходом в сеть Интернет, доской и мелом (для разбора частных вопросов и детализации теоретических аспектов дисциплины, а также решения практических задач). Аудитория для проведения семинарских занятий (125 корп. 5) также оснащена необходимым оборудованием: стационарным мультимедийным проектором, ноутбуком с выходом в сеть Интернет, доской и мелом.

Наименование специальных* помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа: пр. Гагарина, 23, корп. 2, ауд. 328	Комплект специализированной мебели, Доска для мела ДК 11 Э 3012 (3 элемента); технические средства: проекционный экран ScreenMedia Goldview настенный, переносной мультимедийный проектор, ноутбук Lenovo G770	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Microsoft Windows 7 Home Basic OA CIS and GE, лицензия OEM</li> <li>• Microsoft Office Professional Plus 2010 Russian Academic Open 1 License No Level, лицензия №60411808, дата выдачи 24.05.2012 г.</li> </ul>
Помещение для самостоятельной работы	Комплект специализированной мебели, персональные компьютеры	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Microsoft Windows Professional 10, Лицензия № 67001233, дата выдачи</li> </ul>

пр. Гагарина, 23, корп. 1, ауд. 205	, имеется выход в интернет	09.06.2016 г. • Microsoft Office MS Office Standard 2013; серверная лицензия MS SQL Server Лицензия № 65097676, дата выдачи 23.04.2015 г.
Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа пр. Гагарина, 23, корп. 5, ауд. 308	Комплект специализированной мебели; технические средства: переносной проекционный экран DRAPER DIPLOMAT 60x60 MW BlackCase, мультимедийный проектор BenQ MP-512 DLP, ноутбук Acer Extensa 5620Z T2390	• Microsoft Windows XP Professional Russian Upgrade Academic Open No Level, Лицензия № 15988873, дата выдачи 15.01.2003 г. • Microsoft Office 2007 Russian Academic Open No Level Лицензия № 43178981, дата выдачи 12.12.2007 г.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду (205 корп. 1).

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО ННГУ. Приказ ННГУ от 13.05.2020г. № 275-ОД «О введении в действие образовательного стандарта высшего образования – специалитет по специальности 04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия»

Автор (ы)

д.х.н., проф. \_\_\_\_\_ В.А. Крылов

д.х.н., проф. \_\_\_\_\_ О.В. Нипрук

Рецензент (ы)

к.х.н. с.н.с. ФГУП "ФНПЦ

НИИИС им. Ю.Е. Седакова" \_\_\_\_\_ А.А. Сазонов

Заведующий кафедрой,

д.х.н., проф. \_\_\_\_\_ А.В. Князев

Программа одобрена на заседании методической комиссии химического факультета

от \_\_\_\_ 2021 года