

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химии  
высокочистых веществ им. Г.Г.Девярых Российской академии наук

ПРИНЯТО

Ученым советом ИХВВ РАН

Протокол № 4 от « 27 » 05 2016 г.

Ученый секретарь, д.х.н. Лазукина О.П.

---

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИХВВ РАН

академик Чурбанов М.Ф.

---

«27» 05 2016 г.

**Рабочая программа дисциплины  
Аналитическая химия (кандидатский минимум)**

Направление подготовки  
**04.06.01 «Химические науки»**

Направленность подготовки  
**02.00.02 «Аналитическая химия»**

Квалификация выпускника  
***Исследователь. Преподаватель-исследователь***

Форма обучения  
**очная**

Нижний Новгород  
2016

## 1. Место дисциплины (модуля) в структуре основной образовательной программы (ООП)

Дисциплина «Аналитическая химия (кандидатский минимум)» является обязательной дисциплиной. Освоение курса опирается на знания, умения, навыки и компетенции, сформированные на двух предшествующих уровнях образования по курсам:

- "Аналитическая химия" (теория химических процессов в растворах, гетерогенных системах и плазме, лежащая в основе аналитических методов; основы современных химических, физических и инструментальных методов анализа, их возможностей, областях применения и ограничениях);
- "Физическая химия" (основы термодинамики, кинетики, владение основными законами физической химии);
- "Физические методы исследования";
- "Математика" (применение теории математической статистики для обработки полученных экспериментальных данных).

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

**Таблица 1**

### Планируемые результаты обучения по дисциплине

Код формируемой компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций
ПК-2	<p><i>З1 Знать:</i> современное состояние науки в области аналитической химии и в смежных областях.</p> <p><i>З2 Знать:</i> требования к содержанию и правила оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях.</p> <p><i>У1 Уметь:</i> представлять научные результаты по теме диссертационной работы в виде публикаций в рецензируемых научных изданиях.</p> <p><i>У2 Уметь:</i> представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу.</p> <p><i>В1 Владеть:</i> методами планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировки выводов и рекомендаций по направленности (научной специальности).</p>
ПК-3	<p><i>З1 Знать:</i> Требования к корректному выбору методов обработки экспериментальных данных и/или методов численного моделирования химических процессов; современные направления развития методом обработки экспериментальных данных и/или методов численного моделирования в своей профессиональной области.</p> <p><i>У1 Уметь:</i> Корректно использовать современные методы обработки экспериментальных данных и/или современные методы численного моделирования сложных химических процессов в своей профессиональной области.</p>

	<p><i>B1 Владеть:</i> Современными методами обработки экспериментальных данных и/или современными методами численного моделирования в химическом анализе; систематическими знаниями в области современных методов обработки экспериментальных данных в области аналитической химии.</p>
<i>ПК-4</i>	<p><i>З1 Знать:</i> основные приемы химического эксперимента, инструментальные аналитические методы исследования объектов окружающей среды и технологических сред.</p> <p><i>У1 Уметь:</i> осуществлять исследования объектов окружающей среды и технологических сред.</p> <p><i>B1 Владеть:</i> Навыками разработки принципов анализа объектов окружающей среды и технологических сред.</p>
<i>ПК-5</i>	<p><i>З1 Знать:</i> химические, физические и технические аспекты химических промышленных процессов; основные требования правил безопасности при работе с оборудованием различных классов сложности и опасности; цели и задачи научных исследований по направлению деятельности, базовые принципы и методы их организации; требования к представлению отчетных материалов; основные методы обработки экспериментальных данных.</p> <p><i>У1 Уметь:</i> Использовать новое сложное технологическое (в том числе – нанотехнологическое) оборудование для получения перспективных материалов (в том числе – наноматериалов) различного функционального назначения; использовать современное оборудование, современные физические модели, а также результаты фундаментальных и прикладных исследований для разработки новых методик аттестации структуры и свойств перспективных материалов различного функционального назначения.</p> <p><i>B1 Владеть:</i> Навыками работы со сложным исследовательским, контрольно-измерительным и технологическим оборудованием (в том числе – нанотехнологическим оборудованием мирового уровня).</p> <p><i>B2 Владеть:</i> навыками разработки и верификации новых методик аттестации структуры и свойств конструкционных и многофункциональных материалов (в том числе – наноматериалов).</p>

### 3. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет 5 зачетных единиц, всего 180 часов, из которых 72 часа составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (72 часа лекции), 72 часа составляет самостоятельная работа обучающегося, 36 часов - мероприятия промежуточной аттестации (экзамен).

## Структура дисциплины

Наименование раздела дисциплины	Всего, часов	В том числе					Самостоятельная работа обучающегося, часов
		Контактная работа, часов					
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Консультации	Всего	
Общие вопросы.	30	15	-	-	-	15	15
Методы анализа	30	15	-	-	-	15	15
Метрология и хемометрика	30	15	-	-	-	15	15
Автоматизация анализа	24	12				12	12
Анализ конкретных объектов	30	15	-	-	-	15	15
Аттестация по дисциплине: экзамен	36						
<b>Итого</b>	<b>180</b>	<b>72</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>72</b>	<b>72</b>

### 3.1. Содержание разделов дисциплины

#### Раздел 1. Общие вопросы

Предмет аналитической химии. Цели и особенности аналитической химии и аналитической службы. Взаимосвязь аналитической химии с другими науками, значение для общества. Основные этапы развития. Аналитические задачи: обнаружение, идентификация, определение веществ.

Химические, физические и биологические методы аналитической химии. Методы обнаружения, идентификации, разделения и концентрирования, определения; гибридные и комбинированные методы. Методы прямые и косвенные.

Основные характеристики методов определения: чувствительность, предел обнаружения, диапазон определяемых содержаний, воспроизводимость, правильность, селективность. Метод и методика.

Виды химического анализа: изотопный, элементный, структурно-групповой (функциональный), молекулярный, вещественный, фазовый. Макро-, микро-, ультрамикрoанализ. Локальный, неразрушающий, дистанционный, непрерывный, внелабораторный (полевой).

#### Раздел 2. Методы анализа

##### 2.1 Химические методы

###### 2.1.1 Теоретические основы

Использование законов термодинамики и кинетики для описания и управление реальными гомогенными и гетерогенными системами.

Количественные характеристики равновесий: термодинамическая и концентрационные константы, стандартный и формальный потенциалы, степень образования (мольная доля) компонента. Расчет активностей и равновесных концентраций компонентов. Буферные системы.

**Кисотно-основное равновесие.** Развитие представлений о кислотах и основаниях. Использование протолитической теории для описания равновесий. Влияние свойств растворителей; их классификация. Константы кислотности и основности. Функция Гаммета. Буферные растворы.

**Комплексообразование.** Типы комплексных соединений, используемых в химическом анализе. Ступенчатое комплексообразование. Константы устойчивости. Методы определения состава комплексных соединений и расчета констант устойчивости. Кинетика реакций комплексообразования. Стабильные и лабильные комплексы. Примеры использования комплексов.

**Окислительно-восстановительное равновесие.** Обратимые и необратимые реакции. Уравнение Нернста. Смешанный потенциал. Методы измерения потенциалов. Константы равновесия. Механизм окислительно-восстановительных реакций. Каталитические, автокаталитические, сопряженные и индуцированные окислительно-восстановительные реакции. Примеры аналитического использования.

**Процессы осаждения-растворения.** Равновесия в системе жидкость - твердая фаза. Константы равновесия; растворимость. Механизм образования и свойства кристаллических и аморфных осадков. Коллоидные системы. Загрязнения и условия получения чистых осадков.

**Органические реагенты в химическом анализе.** Функционально-аналитические группы. Влияние структуры органических реагентов на их свойства. Теоретические основы взаимодействия органических реагентов с ионами металлов.

#### *2.1.2 Гравиметрические методы*

Сущность, значение, достоинства и ограничения прямых и косвенных гравиметрических методов. Требования, предъявляемые к осадкам. Важнейшие неорганические и органические осадители. Аналитические весы.

#### *2.1.3 Титриметрические методы*

Сущность и классификация. Виды титрования (прямое, обратное, косвенное). Кривые титрования. Точка эквивалентности, конечная точка титрования.

**Кисотно-основное титрование** в водных и неводных средах. Первичные стандартные растворы. Кривые титрования для одно- и многоосновных систем. Индикаторы.

**Окислительно-восстановительное титрование.** Первичные и вторичные стандартные растворы. Кривые титрования. Индикаторы. Предварительное окисление и восстановление определяемых соединений. Краткая характеристика различных методов.

**Комплексометрическое титрование.** Сущность. Использование аминополикарбоновых кислот в комплексометрии. Важнейшие универсальные и специфические металлохромные индикаторы. Практическое использование.

**Осадительное титрование.** Сущность. Кривые титрования. Методы индикации конечной точки титрования. Индикаторы.

#### *2.1.4 Кинетические методы*

Сущность методов. Дифференциальный и интегральный варианты. Каталитический и некаталитический варианты. Методы определения концентрации индикаторных веществ. Чувствительность, избирательность и точность, области применения.

#### *2.1.5 Биохимические методы*

Сущность методов. Ферментативные индикаторные реакции. Химическая природа и структура ферментов. Имобилизованные ферменты. Биосенсоры и ферментные электроды. Сущность иммунных методов. Методы регистрации аналитического сигнала в биохимических и иммунных методах. Чувствительность, избирательность и точность методов. Области применения.

#### *2.1.6 Электрохимические методы*

**Теоретические основы.** Классификация методов. Основные процессы, протекающие на электродах в электрохимической ячейке. Кинетика электрохимических процессов. Поляризационная кривая.

**Потенциометрия.** Равновесные электрохимические системы и их характеристики. Ионметрия: возможности метода и ограничения. Типы ионселективных электродов и их характеристики. Полевые транзисторы. Потенциометрическое титрование с неполяризованными и поляризованными электродами.

**Кулонометрия.** Прямая потенциостатическая и гальваностатическая кулонометрия. Кулонометрическое титрование, его возможности и преимущества.

**Вольтамперометрия.** Характеристики вольтамперограмм, используемые для изучения и определения органических и неорганических соединений. Метрологические характеристики различных вариантов полярографии, возможности и ограничения методов. Инверсионная вольтамперометрия и ее применение в анализе. Прямые и косвенные вольтамперометрические методы.

**Кондуктометрия.** Прямая низкочастотная кондуктометрия и кондуктометрическое титрование. Использование кондуктометрических датчиков в хроматографии и других методах анализа.

## **2.2 Физические методы**

Взаимодействие вещества с электромагнитным излучением, потоками частиц, магнитным полем.

### *2.2.1 Методы атомной оптической спектроскопии*

**Теоретические основы.** Атомные спектры эмиссии, поглощения и флуоресценции. Резонансное поглощение. Самопоглощение, ионизация. Аналитические линии. Зависимость аналитического сигнала от концентрации.

**Атомно-эмиссионная спектроскопия.** Возбуждение проб в пламени, в дуговом и искровом разрядах. Индуктивно связанная плазма. Регистрация спектра. Идентификация и определение элементов по эмиссионным спектрам. Физические и химические помехи. Внутренний стандарт. Подавление мешающих влияний матрицы и сопутствующих элементов. Примеры использования.

**Атомно-абсорбционная спектрометрия.** Сущность метода. Источники излучения. Пламенная атомизация. Характеристики пламен и их выбор. Электротермическая атомизация. Типы электротермических атомизаторов. Способы подготовки пробы. Помехи: химические и физические. Коррекция помех. Чувствительность и избирательность. Примеры использования.

**Атомно-флуоресцентная спектроскопия.** Принцип метода. Способы возбуждения атомов (УФ излучение, лазер). Взаимное влияние элементов и устранение этих влияний. Практическое применение.

### *2.2.2 Методы рентгеновской и электронной спектроскопии*

**Методы рентгеноспектрального анализа (РСА).** Классификация эмиссионных методов РСА. Закон Мозли. Качественный и количественный анализ. Матричные эффекты. Типы рентгеновских спектрометров. Сравнительная характеристика методов. Практическое применение.

Абсорбционный рентгеноспектральный анализ. Принцип метода; применение.

Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия. Оже-электронная спектроскопия. Основы методов. Практическое применение.

### *2.2.3 Методы молекулярной оптической спектроскопии*

**Теоретические основы.** Молекулярные спектры поглощения, испускания. Основные законы светопоглощения и испускания. Рассеяние света. Поляризация и оптическая активность. Способы измерения аналитического сигнала.

**Спектрофотометрия.** Способы определения концентрации веществ. Анализ многокомпонентных систем. Спектроскопия отражения. Достоинства и ограничения методов. Практическое применение.

**Люминесцентные методы.** Виды люминесценции. Основные закономерности молекулярной люминесценции. Качественный и количественный анализ.

**ИК- и рамановская (комбинационного рассеяния) спектроскопия.** Колебательные и вращательные спектры. Качественный и количественный анализ. Особенности анализа проб в различном агрегатном состоянии.

**Нефелометрия и турбидиметрия. Фотоакустическая спектроскопия. Поляриметрия.** Принципы методов и области применения.

#### *2.2.4 Методы масс-спектрометрии*

Способы масс-спектрометрического анализа, регистрация и интерпретация масс-спектров. Качественный и количественный анализ. Метод изотопного разбавления. Хромато-масс-спектрометрия.

#### *2.2.5 Резонансные спектроскопические методы*

Магнитно-дипольные переходы. Спин-решеточная и спин-спиновая релаксация. ЯМР-спектроскопия; применение для идентификации соединений. ЭПР-спектроскопия. Применение в анализе.

#### *2.2.6 Ядерно-физические и радиохимические методы*

Элементарные частицы. Основные виды радиоактивного распада и ядерных излучений.

**Активационный анализ.** Нейтронно-активационный анализ. Активация заряженными частицами. Гамма-активационный анализ. Метрологические характеристики. Практическое применение.

**Радиохимические методы:** методы радиоактивных индикаторов и изотопного разбавления. Общая характеристика и применение.

#### *2.2.7 Методы локального анализа и анализа поверхности*

Классификация; физические основы. Достоинства и области применения. Особенности пробоотбора и пробоподготовки. Примеры использования.

### **2.3 Биологические методы**

Сущность методов, их преимущества и ограничения. Индикаторные организмы, их типы. Аналитический сигнал и способы его регистрации. Определение физиологически неактивных соединений (химико-биологические методы). Метрологические характеристики. Области применения.

### **2.4 Хроматографические методы**

#### *2.4.1 Теоретические основы*

Основные понятия. Теория равновесной хроматографии. Уравнение Ван-Деемтера. Общие подходы к оптимизации процесса хроматографического разделения веществ. Способы осуществления хроматографического процесса. Особенности капиллярных колонок. Способы элюирования веществ. Детекторы. Классификация хроматографических методов.

#### *2.4.2 Газовая хроматография*

**Газо-адсорбционная (газо-твердофазная) хроматография.** Сущность метода. Изотермы адсорбции. Требования к газам-носителям и адсорбентам. Примеры используемых адсорбентов. Химическое и адсорбционное модифицирование поверхности адсорбента. Влияние температуры на удерживание и разделение. Газо-адсорбционная хроматография с программированным подъемом температуры. Детекторы. Примеры применения. Реакционная газовая хроматография.

**Высокоэффективная капиллярная газовая хроматография.** Сущность метода. Применение для идентификации веществ, для анализа сложных смесей, объектов окружающей среды.

**Газо-жидкостная хроматография.** Принцип метода. Объекты исследования. Требования к носителям и неподвижным жидким фазам. Влияние природы жидкой фазы и разделяемых веществ на эффективность разделения.

### 2.4.3 Жидкостная хроматография

**Высокоэффективная жидкостная хроматография.** Сущность метода. Требования к адсорбентам и подвижной фазе. Влияние природы и состава элюента на эффективность разделения. Разновидности метода в зависимости от полярности неподвижной фазы: нормально-фазовый и обращенно-фазовый варианты. Выбор условий разделения. Детекторы. Применение для анализа сложных смесей.

**Ионообменная хроматография.** Неорганические и органические ионообменники и их свойства. Комплексообразующие ионообменники. Кинетика и селективность ионного обмена. Влияние природы и состава элюента на селективность разделения веществ. Примеры применения.

**Ионная хроматография.** Особенности метода. Двухколоночный и одноколоночный варианты метода. Сорбенты. Детекторы. Примеры применения.

**Ион-парная хроматография.** Принцип метода. Роль неподвижной фазы и вводимого в элюент противоиона. Области применения.

**Эксклюзионная хроматография.** Особенности механизма удерживания молекул. Характеристики сорбентов и подвижных фаз. Возможности и примеры применения. Гель-хроматография. Области применения.

**Аффинная хроматография.** Специфика метода, применяемые адсорбенты. Условия проведения процесса разделения. Области применения.

**Тонкослойная хроматография.** Сущность метода и области применения.

## 2.5 Сверхкритическая (флюидная) хроматография. Сущность, особенности, применение.

### 2.6 Другие методы разделения и концентрирования

Процессы и реакции, лежащие в основе методов. Термодинамические и кинетические характеристики разделения и концентрирования. Классификация методов. Сочетание разделения и концентрирования с методами определения. Принципы выбора метода.

**Сорбционные методы.** Классификация по механизму взаимодействия вещества с сорбентом, способу осуществления процесса, геометрическим признакам неподвижной фазы. Количественное описание сорбционных процессов. Сорбенты.

**Экстракция.** Сущность метода. Закон распределения. Основные количественные характеристики. Классификация экстракционных процессов по типу используемого экстрагента, типу образующихся соединений, технике осуществления. Основные типы соединений, используемых в экстракции. Классы экстрагентов.

Осаждение и соосаждение.

Электрохимические методы. Классификация. Электровыделение, цементация, электрофорез, изотахофорез.

## Раздел 3. Метрология и хемотрика

### 3.1 Метрологические основы химического анализа

Аналитический сигнал. Результат анализа как случайная величина. Погрешности, способы их классификации, основные источники погрешностей.

Систематические погрешности в химическом анализе. Правильность и способы проверки правильности. Контрольный опыт. Законы сложения погрешностей. Релятивизация, Рандомизация.

Случайные погрешности в химическом анализе. Генеральная и выборочная совокупности результатов химического анализа. Закон нормального распределения результатов анализа, его проверка. Распределение Пуассона. Статистика малых выборок. Воспроизводимость. Статистические критерии: математическое ожидание (генеральное среднее) и генеральная дисперсия случайной



величины, выборочное среднее, выборочная дисперсия, стандартное отклонение, доверительная вероятность и доверительный интервал. Сравнение двух (критерий Фишера) и нескольких (критерии Бартлера, Кохрена) дисперсий. Сравнение двух (критерий Стьюдента) и нескольких (критерий Фишера) средних результатов химического анализа.

Чувствительность. Коэффициент чувствительности. Предел обнаружения, нижняя граница определяемых содержаний, их статистическая оценка. Погрешности отдельных стадий анализа и конечного результата. Применение дисперсионного анализа для оценки погрешностей отдельных стадий и операций химического анализа. Проверка значимости выборочного коэффициента корреляции. Использование корреляционного анализа для проверки независимости двух аналитических методик.

Применение регрессионного анализа для построения градуировочных зависимостей. Нахождение содержания вещества по градуировочной зависимости, статистическая оценка результата. Математическое планирование и оптимизация аналитического эксперимента с использованием дисперсионного и многомерного регрессионного анализа. Стандартные образцы. Аттестация и стандартизация методик. Аккредитация аналитических лабораторий.

### ***3.2 Компьютерные методы в аналитической химии***

Пути использования ЭВМ в аналитической химии. Многомерные данные в химическом анализе. Первичная обработка данных. Коррелированные данные; понятие об анализе главных компонентов (факторном анализе). Многомерные регрессия и градуировка. Понятие о методах классификации и распознавания образов, кластерном анализе. Построение и использование нелинейных градуировочных зависимостей. Фурье-преобразование, его использование для фильтрации шумов и снижения пределов обнаружения. Расчеты химических равновесий.

## **Раздел 4. Автоматизация анализа**

Автоматизация лабораторного анализа и производственного контроля; периодического, дискретного анализа и непрерывного анализа в потоке. Автоматизированные приборы, системы и комплексы, автоматы-анализаторы для лабораторного и производственного анализа, роботы. Примеры современных высокоэффективных аналитических приборов-автоматов. Проточно-инжекционный анализ.

## **Раздел 5. Анализ конкретных объектов**

### ***5.1 Аналитический цикл и стадии анализа***

Выбор метода и схемы анализа, отбор пробы, подготовка пробы (разложение, разделение, концентрирование и другие операции), получение аналитической формы, измерение аналитического сигнала, обработка результатов измерений.

### ***5.2 Пробоотбор и пробоподготовка***

Представительность пробы. Отбор проб гомогенного и гетерогенного состава; средних проб твердых, жидких и газообразных веществ; токсичных и радиоактивных проб. Основные операции перевода пробы в форму, удобную для анализа.

### ***5.3 Основные объекты***

**Геологические объекты.** Анализ силикатов, карбонатов, железных и полиметаллических руд. **Металлы, сплавы и продукты металлургической промышленности** (анализ черных, цветных, редких, благородных металлов и их сплавов). **Материалы атомной промышленности** (определение тория, урана, плутония, трансплутониевых элементов и осколков деления). **Неорганические**

**соединения.** Анализ минеральных удобрений, неорганических веществ высокой чистоты. **Органические вещества** (природные и синтетические, элементоорганические, полимеры, продукты нефтепереработки, белки, жиры, углеводы; пестициды). Элементный анализ органических веществ.

Химические и физические методы функционального анализа. Молекулярный анализ органических объектов. Анализ высокомолекулярных веществ, органических материалов.

**Биологические и медицинские объекты.** Санитарно-гигиенический контроль. Клинический анализ. **Пищевые продукты.** Определение основных компонентов и примесей.

**Объекты окружающей среды.** Основные источники загрязнений и основные загрязнители; методы их определения. Определение суммарных показателей (ХПК, БПК и др.). Тест-методы.

**Специальные объекты:** токсичные и радиоактивные, взрывчатые и легковоспламеняющиеся вещества, газы, космические и археологические объекты.

#### **4. Образовательные технологии**

Для достижения планируемых результатов обучения, в дисциплине используются различные образовательные технологии:

информационно-развивающие технологии (самостоятельное изучение литературы, применение новых информационных технологий для самостоятельного пополнения знаний, включая использование технических и электронных средств информации);

деятельностные практико-ориентированные технологии (анализ, сравнение методов проведения химических и физико-химических исследований, выбор метода, в зависимости от объекта исследования в конкретной ситуации и его практическая реализация);

развивающие проблемно-ориентированные технологии (учебные дискуссии, коллективная мыслительная деятельность, решение задач повышенной сложности).

Лекции читаются с использованием современных мультимедийных возможностей и проекционного оборудования.

#### **5. Формы организации и контроля самостоятельной работы обучающихся**

Целью самостоятельной работы является овладение навыками работы с литературой (в читальном зале библиотеки, с доступом к ресурсам Интернет), более углубленное изучение отдельных разделов дисциплины при подготовке к написанию реферата, подготовке к экзамену. Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим учебники, учебно-методические пособия, конспекты лекций.

Текущий контроль успеваемости осуществляется в форме опроса.

Итоговый контроль проводится в виде экзамена.

Контрольные вопросы к экзамену:

1. Цели и задачи аналитической химии. Основные этапы развития аналитической химии. Аналитическая служба. Взаимосвязь аналитической химии с другими науками, значение для общества.
2. Классификация методов анализа. Методы прямые и косвенные.
3. Основные характеристики методов определения: (чувствительность, предел обнаружения, диапазон определяемых содержаний, воспроизводимость, правильность, селективность). Метод и методика.

4. Виды химического анализа: изотопный, элементный, структурно-групповой (функциональный), молекулярный, вещественный, фазовый. Макро-, микро-, ультрамикрoанализ. Локальный, неразрушающий, дистанционный, непрерывный, внелабораторный (полевой).
5. Использование законов термодинамики и кинетики в аналитической химии для описания и управление реальными гомогенными и гетерогенными системами.
6. Количественные характеристики равновесий: термодинамическая и концентрационные константы, стандартный и формальный потенциалы, степень образования (молярная доля) компонента. Расчет активностей и равновесных концентраций компонентов. Буферные системы.
7. Кислотно-основное равновесие. Развитие представлений о кислотах и основаниях. Использование протолитической теории для описания равновесий. Влияние свойств растворителей; их классификация. Константы кислотности и основности. Функция Гаммета. Буферные растворы.
8. Комплексообразование. Типы комплексных соединений, используемых в химическом анализе. Ступенчатое комплексообразование. Константы устойчивости. Методы определения состава комплексных соединений и расчета констант устойчивости. Кинетика реакций комплексообразования. Стабильные и лабильные комплексы. Примеры использования комплексов.
9. Окислительно-восстановительное равновесие. Обратимые и необратимые реакции. Уравнение Нернста. Смешанный потенциал. Методы измерения потенциалов. Константы равновесия. Механизм окислительно-восстановительных реакций. Каталитические, автокаталитические, сопряженные и индуцированные окислительно-восстановительные реакции. Примеры аналитического использования.
10. Процессы осаждения-растворения. Равновесия в системе жидкость - твердая фаза. Константы равновесия; растворимость. Механизм образования и свойства кристаллических и аморфных осадков. Коллоидные системы. Загрязнения и условия получения чистых осадков.
11. Органические реагенты в химическом анализе. Функционально-аналитические группы. Влияние структуры органических реагентов на их свойства. Теоретические основы взаимодействия органических реагентов с ионами металлов.
12. Сущность, значение, достоинства и ограничения прямых и косвенных гравиметрических методов. Требования, предъявляемые к осадкам. Важнейшие неорганические и органические осадители. Аналитические весы.
13. Титриметрические методы. Сущность и классификация. Виды титрования (прямое, обратное, косвенное). Кривые титрования. Точка эквивалентности, конечная точка титрования.
14. Кислотно-основное титрование в водных и неводных средах. Первичные стандартные растворы. Кривые титрования для одно- и многоосновных систем. Индикаторы.
15. Окислительно-восстановительное титрование. Первичные и вторичные стандартные растворы. Кривые титрования. Индикаторы. Предварительное окисление и восстановление определяемых соединений. Краткая характеристика различных методов.
16. Комплексометрическое титрование. Сущность. Использование аминополикарбонновых кислот в комплексометрии. Важнейшие универсальные и специфические металлохромные индикаторы. Практическое использование.
17. Осадительное титрование. Сущность. Кривые титрования. Методы индикации конечной точки титрования. Индикаторы.
18. Теоретические основы электрохимических методов анализа. Классификация методов. Основные процессы, протекающие на электродах в электрохимической ячейке. Кинетика электрохимических процессов. Поляризационная кривая.
19. Потенциометрия. Равновесные электрохимические системы и их характеристики. Ионметрия: возможности метода и ограничения. Типы ионселективных электродов и их

- характеристики. Потенциометрическое титрование с неполяризованными и поляризованными электродами.
20. Кулонометрия. Прямая потенциостатическая и гальваностатическая кулонометрия. Кулонометрическое титрование, его возможности и преимущества.
  21. Вольтамперометрия. Характеристики вольтамперограмм, используемые для изучения и определения органических и неорганических соединений. Метрологические характеристики различных вариантов полярографии, возможности и ограничения методов. Инверсионная вольтамперометрия и ее применение в анализе. Прямые и косвенные вольтамперометрические методы.
  22. Кондуктометрия. Прямая низкочастотная кондуктометрия и кондуктометрическое титрование. Использование кондуктометрических датчиков в хроматографии и других методах анализа.
  23. Теоретические основы методов атомной оптической спектроскопии. Атомные спектры эмиссии, поглощения и флуоресценции. Резонансное поглощение. Самопоглощение, ионизация. Аналитические линии. Зависимость аналитического сигнала от концентрации.
  24. Атомно-эмиссионная спектроскопия. Возбуждение проб в пламени, в дуговом и искровом разрядах. Индуктивно связанная плазма. Регистрация спектра. Идентификация и определение элементов по эмиссионным спектрам. Физические и химические помехи. Внутренний стандарт. Подавление мешающих влияний матрицы и сопутствующих элементов. Примеры использования.
  25. Атомно-абсорбционная спектрометрия. Сущность метода. Источники излучения. Пламенная атомизация. Характеристики пламен и их выбор. Электротермическая атомизация. Типы электротермических атомизаторов. Способы подготовки пробы. Помехи: химические и физические. Коррекция помех. Чувствительность и избирательность. Примеры использования.
  26. Атомно-флуоресцентная спектроскопия. Принцип метода. Способы возбуждения атомов (УФ излучение, лазер). Взаимное влияние элементов и устранение этих влияний. Практическое применение.
  27. Методы рентгеноспектрального анализа (РСА). Классификация эмиссионных методов РСА. Закон Мозли. Качественный и количественный анализ. Матричные эффекты. Типы рентгеновских спектрометров. Сравнительная характеристика методов. Практическое применение.
  28. Теоретические основы молекулярной оптической спектроскопии.. Молекулярные спектры поглощения, испускания. Основные законы светопоглощения и испускания. Рассеяние света. Поляризация и оптическая активность. Способы измерения аналитического сигнала.
  29. Спектрофотометрия. Способы определения концентрации веществ. Анализ многокомпонентных систем. Спектроскопия отражения. Достоинства и ограничения методов. Практическое применение.
  30. Люминесцентные методы. Виды люминесценции. Основные закономерности молекулярной люминесценции. Качественный и количественный анализ.
  31. ИК- и рамановская (комбинационного рассеяния) спектроскопия. Колебательные и вращательные спектры. Качественный и количественный анализ. Особенности анализа проб в различном агрегатном состоянии.
  32. Методы масс-спектрометрии. Способы масс- спектрометрического анализа, регистрация и интерпретация спектров. Качественный и количественный анализ. Метод изотопного разбавления. Хромато-масс-спектрометрия.
  33. Теоретические основы хроматографических методов анализа. Основные понятия. Теория равновесной хроматографии. Классификация хроматографических методов. Уравнение Ван-Деемтера. Общие подходы к оптимизации процесса хроматографического разделения веществ. Способы осуществления хроматографического процесса. Реакционная газовая хроматография. Особенности капиллярных колонок. Способы элюирования веществ. Детекторы.

34. Газо-адсорбционная (газо-твердофазная) хроматография. Сущность метода. Изотермы адсорбции. Требования к газам-носителям и адсорбентам. Примеры используемых адсорбентов. Химическое и адсорбционное модифицирование поверхности адсорбента. Влияние температуры на удерживание и разделение. Газо-адсорбционная хроматография с программированным подъемом температуры. Детекторы. Примеры применения.
35. Газо-жидкостная хроматография. Принцип метода. Объекты исследования. Требования к носителям и неподвижным жидким фазам. Влияние природы жидкой фазы и разделяемых веществ на эффективность разделения.
36. Высокоэффективная капиллярная газовая хроматография. Сущность метода. Применение для идентификации веществ, для анализа сложных смесей, объектов окружающей среды.
37. Высокоэффективная жидкостная хроматография. Сущность метода. Требования к адсорбентам и подвижной фазе. Влияние природы и состава элюента на эффективность разделения. Разновидности метода в зависимости от полярности неподвижной фазы: нормально-фазовый и обращенно-фазовый варианты. Выбор условий разделения. Детекторы. Применение для анализа сложных смесей.
38. Ионообменная хроматография. Неорганические и органические ионообменники и их свойства. Комплексообразующие ионообменники. Кинетика и селективность ионного обмена. Влияние природы и состава элюента на селективность разделения веществ. Примеры применения.
39. Ионная хроматография. Особенности метода. Двухколоночный и одноколоночный варианты метода. Сорбенты. Детекторы. Примеры применения.
40. Ион-парная хроматография. Принцип метода. Роль неподвижной фазы и вводимого в элюент противоиона. Области применения.
41. Эксклюзионная хроматография. Особенности механизма удерживания молекул. Характеристики сорбентов и подвижных фаз. Возможности и примеры применения. Гель-хроматография. Области применения.
42. Тонкослойная хроматография. Сущность метода и области применения.
43. Процессы и реакции, лежащие в основе методов разделения и концентрирования. Термодинамические и кинетические характеристики разделения и концентрирования. Классификация методов. Сочетание разделения и концентрирования с методами определения. Принципы выбора метода разделения и концентрирования.
44. Сорбционные методы разделения и концентрирования. Классификация по механизму взаимодействия вещества с сорбентом, способу осуществления процесса, геометрическим признакам неподвижной фазы. Количественное описание сорбционных процессов. Сорбенты.
45. Экстракция. Сущность метода. Закон распределения. Основные количественные характеристики. Классификация экстракционных процессов по типу используемого экстрагента, типу образующихся соединений, технике осуществления. Основные типы соединений, используемых в экстракции. Классы экстрагентов.
46. Метрологические основы химического анализа Аналитический сигнал. Результат анализа как случайная величина. Погрешности, способы их классификации, основные источники погрешностей. Стандартные образцы.
47. Систематические погрешности в химическом анализе. Правильность и способы подтверждения правильности. Законы сложения погрешностей. Релятивизация, контрольный опыт. Рандомизация.
48. Случайные погрешности в химическом анализе. Генеральная и выборочная совокупности результатов химического анализа. Закон нормального распределения результатов анализа, его проверка.
49. Распределение Пуассона. Статистика малых выборок. Воспроизводимость. Статистические критерии: математическое ожидание (генеральное среднее) и генеральная дисперсия случайной величины, выборочное среднее, выборочная дисперсия, стандартное отклонение, доверительная вероятность и доверительный интервал.

50. Сравнение двух (критерий Фишера) и нескольких (критерии Бартлера, Кохрена) дисперсий. Сравнение двух (критерий Стьюдента) и нескольких (критерий Фишера) средних результатов химического анализа.
51. Чувствительность. Коэффициент чувствительности. Предел обнаружения, нижняя граница определяемых содержаний, их статистическая оценка.
52. Погрешности отдельных стадий анализа и конечного результата. Применение дисперсионного анализа для оценки погрешностей отдельных стадий и операций химического анализа. Проверка значимости выборочного коэффициента корреляции. Использование корреляционного анализа для проверки независимости двух аналитических методик.
53. Применение регрессионного анализа для построения градуировочных зависимостей. Нахождение содержания вещества по градуировочной зависимости, статистическая оценка результата. Математическое планирование и оптимизация аналитического эксперимента с использованием дисперсионного и многомерного регрессионного анализа.
54. Аналитический цикл и стадии анализа/ Выбор метода и схемы анализа, отбор пробы, подготовка пробы (разложение, разделение, концентрирование и другие операции), получение аналитической формы, измерение аналитического сигнала, обработка результатов измерений.
55. Пробоотбор и пробоподготовка Представительность пробы. Отбор проб гомогенного и гетерогенного состава; средних проб твердых, жидких и газообразных веществ; токсичных и радиоактивных проб. Основные операции перевода пробы в форму, удобную для анализа.

## **6. Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине**

### ***6.1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования***

Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования приведен в приложении 1.

### ***6.2. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине. Описание шкал оценивания***

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

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

Экзамен проводится в устной форме в виде ответа обучающегося на теоретические вопросы курса (с предварительной подготовкой) и последующим собеседованием в рамках тематики курса. Собеседование проводится в форме вопросов, на которые аспирант должен дать полный и развернутый ответ.

К экзамену допускаются обучающиеся, написавшие реферат по предлагаемой преподавателем теме.

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

Оценка	Уровень подготовки
Отлично	Высокий уровень подготовки с незначительными ошибками. Аспирант дал полный и развернутый ответ на все теоретические вопросы билета, подтверждая тем самым владение теоретическим материалом.
Хорошо	Хорошая подготовка. Аспирант дал полный ответ на все теоретические вопросы билета, но допустил небольшие неточности в определениях понятий, процессов и т.п.
Удовлетворительно	Минимально достаточный уровень подготовки. Аспирант показал минимальный уровень теоретических знаний, сделал существенные ошибки при ответе на экзаменационный вопрос, но при ответах на наводящие вопросы, смог правильно сориентироваться и в общих чертах дать правильный ответ.
Неудовлетворительно	Подготовка недостаточная и требует дополнительного изучения материала. Аспирант дал ошибочные ответы, как на теоретические вопросы билета, так и на наводящие и дополнительные вопросы экзаменатора.

**6.3. Примеры типовых контрольных заданий или иных материалов, необходимых для оценки результатов обучения, характеризующих сформированность компетенций.**

Уровни освоения дисциплины оцениваются согласно требованиям, изложенным в паспорте каждой из указанных компетенций, где указаны критерии оценивания результатов обучения и Планируемые результаты обучения.

**Контрольные вопросы к экзамену:**

1. Цели и задачи аналитической химии. Основные этапы развития аналитической химии. Аналитическая служба. Взаимосвязь аналитической химии с другими науками, значение для общества. (ПК-2)
2. Классификация методов анализа. Методы прямые и косвенные. (ПК-2)
3. Основные характеристики методов определения: (чувствительность, предел обнаружения, диапазон определяемых содержаний, воспроизводимость, правильность, селективность). Метод и методика. (ПК-2)
4. Виды химического анализа: изотопный, элементный, структурно-групповой (функциональный), молекулярный, вещественный, фазовый. Макро-, микро-, ультрамикрoанализ. Локальный, неразрушающий, дистанционный, непрерывный, внелабораторный (полевой). (ПК-2)
5. Использование законов термодинамики и кинетики в аналитической химии для описания и управление реальными гомогенными и гетерогенными системами. (ПК-2)
6. Количественные характеристики равновесий: термодинамическая и концентрационные константы, стандартный и формальный потенциалы, степень образования (молярная доля) компонента. Расчет активностей и равновесных концентраций компонентов. Буферные системы. (ПК-2)

7. Кислотно-основное равновесие. Развитие представлений о кислотах и основаниях. Использование протолитической теории для описания равновесий. Влияние свойств растворителей; их классификация. Константы кислотности и основности. Функция Гаммета. Буферные растворы. (ПК-2)
8. Комплексообразование. Типы комплексных соединений, используемых в химическом анализе. Ступенчатое комплексообразование. Константы устойчивости. Методы определения состава комплексных соединений и расчета констант устойчивости. Кинетика реакций комплексообразования. Стабильные и лабильные комплексы. Примеры использования комплексов. (ПК-4)
9. Окислительно-восстановительное равновесие. Обратимые и необратимые реакции. Уравнение Нернста. Смешанный потенциал. Методы измерения потенциалов. Константы равновесия. Механизм окислительно-восстановительных реакций. Каталитические, автокаталитические, сопряженные и индуцированные окислительно-восстановительные реакции. Примеры аналитического использования. (ПК-4)
10. Процессы осаждения-растворения. Равновесия в системе жидкость - твердая фаза. Константы равновесия; растворимость. Механизм образования и свойства кристаллических и аморфных осадков. Коллоидные системы. Загрязнения и условия получения чистых осадков. (ПК-4)
11. Органические реагенты в химическом анализе. Функционально-аналитические группы. Влияние структуры органических реагентов на их свойства. Теоретические основы взаимодействия органических реагентов с ионами металлов. (ПК-2)
12. Сущность, значение, достоинства и ограничения прямых и косвенных гравиметрических методов. Требования, предъявляемые к осадкам. Важнейшие неорганические и органические осадители. Аналитические весы. (ПК-4)
13. Титриметрические методы. Сущность и классификация. Виды титрования (прямое, обратное, косвенное). Кривые титрования. Точка эквивалентности, конечная точка титрования. (ПК-2)
14. Кислотно-основное титрование в водных и неводных средах. Первичные стандартные растворы. Кривые титрования для одно- и многоосновных систем. Индикаторы. (ПК-4)
15. Окислительно-восстановительное титрование. Первичные и вторичные стандартные растворы. Кривые титрования. Индикаторы. Предварительное окисление и восстановление определяемых соединений. Краткая характеристика различных методов. (ПК-4)
16. Комплексометрическое титрование. Сущность. Использование аминополикарбонновых кислот в комплексонометрии. Важнейшие универсальные и специфические металлохромные индикаторы. Практическое использование. (ПК-4)
17. Осадительное титрование. Сущность. Кривые титрования. Методы индикации конечной точки титрования. Индикаторы. (ПК-4)
18. Теоретические основы электрохимических методов анализа. Классификация методов. Основные процессы, протекающие на электродах в электрохимической ячейке. Кинетика электрохимических процессов. Поляризационная кривая. (ПК-2)
19. Потенциометрия. Равновесные электрохимические системы и их характеристики. Ионметрия: возможности метода и ограничения. Типы ионселективных электродов и их характеристики. Потенциометрическое титрование с неполяризованными и поляризованными электродами. (ПК-4)
20. Кулонометрия. Прямая потенциостатическая и гальваностатическая кулонометрия. Кулонометрическое титрование, его возможности и преимущества. (ПК-4)
21. Вольтамперометрия. Характеристики вольтамперограмм, используемые для изучения и определения органических и неорганических соединений. Метрологические характеристики различных вариантов полярографии, возможности и ограничения методов. Инверсионная вольтамперометрия и ее применение в анализе. Прямые и косвенные вольтамперометрические методы. (ПК-4)



22. Кондуктометрия. Прямая низкочастотная кондуктометрия и кондуктометрическое титрование. Использование кондуктометрических датчиков в хроматографии и других методах анализа. (ПК-4)
23. Теоретические основы методов атомной оптической спектроскопии. Атомные спектры эмиссии, поглощения и флуоресценции. Резонансное поглощение. Самопоглощение, ионизация. Аналитические линии. Зависимость аналитического сигнала от концентрации. (ПК-4)
24. Атомно-эмиссионная спектроскопия. Возбуждение проб в пламени, в дуговом и искровом разрядах. Индуктивно связанная плазма. Регистрация спектра. Идентификация и определение элементов по эмиссионным спектрам. Физические и химические помехи. Внутренний стандарт. Подавление мешающих влияний матрицы и сопутствующих элементов. Примеры использования. (ПК-4) (ПК-5)
25. Атомно-абсорбционная спектрометрия. Сущность метода. Источники излучения. Пламенная атомизация. Характеристики пламен и их выбор. Электротермическая атомизация. Типы электротермических атомизаторов. Способы подготовки пробы. Помехи: химические и физические. Коррекция помех. Чувствительность и избирательность. Примеры использования. (ПК-4) (ПК-5)
26. Атомно-флуоресцентная спектроскопия. Принцип метода. Способы возбуждения атомов (УФ излучение, лазер). Взаимное влияние элементов и устранение этих влияний. Практическое применение. (ПК-4) (ПК-5)
27. Методы рентгеноспектрального анализа (РСА). Классификация эмиссионных методов РСА. Закон Мозли. Качественный и количественный анализ. Матричные эффекты. Типы рентгеновских спектрометров. Сравнительная характеристика методов. Практическое применение. (ПК-4) (ПК-5)
28. Теоретические основы молекулярной оптической спектроскопии.. Молекулярные спектры поглощения, испускания. Основные законы светопоглощения и испускания. Рассеяние света. Поляризация и оптическая активность. Способы измерения аналитического сигнала. (ПК-4)
29. Спектрофотометрия. Способы определения концентрации веществ. Анализ многокомпонентных систем. Спектроскопия отражения. Достоинства и ограничения методов. Практическое применение. (ПК-4) (ПК-5)
30. Люминесцентные методы. Виды люминесценции. Основные закономерности молекулярной люминесценции. Качественный и количественный анализ. (ПК-4) (ПК-5)
31. ИК- и рамановская (комбинационного рассеяния) спектроскопия. Колебательные и вращательные спектры. Качественный и количественный анализ. Особенности анализа проб в различном агрегатном состоянии. (ПК-4) (ПК-5)
32. Методы масс-спектрометрии. Способы масс-спектрометрического анализа, регистрация и интерпретация масс-спектров. Качественный и количественный анализ. Метод изотопного разбавления. Хромато-масс-спектрометрия. (ПК-4) (ПК-5)
33. Теоретические основы хроматографических методов анализа. Основные понятия. Теория равновесной хроматографии. Классификация хроматографических методов. Уравнение Ван-Деемтера. Общие подходы к оптимизации процесса хроматографического разделения веществ. Способы осуществления хроматографического процесса. Реакционная газовая хроматография. Особенности капиллярных колонок. Способы элюирования веществ. Детекторы. (ПК-4)
34. Газо-адсорбционная (газо-твердофазная) хроматография. Сущность метода. Изотермы адсорбции. Требования к газам-носителям и адсорбентам. Примеры используемых адсорбентов. Химическое и адсорбционное модифицирование поверхности адсорбента. Влияние температуры на удерживание и разделение. Газо-адсорбционная хроматография с программированным подъемом температуры. Детекторы. Примеры применения. (ПК-4) (ПК-5)

35. Газо-жидкостная хроматография. Принцип метода. Объекты исследования. Требования к носителям и неподвижным жидким фазам. Влияние природы жидкой фазы и разделяемых веществ на эффективность разделения. (ПК-4) (ПК-5)
36. Высокоэффективная капиллярная газовая хроматография. Сущность метода. Применение для идентификации веществ, для анализа сложных смесей, объектов окружающей среды. (ПК-4) (ПК-5)
37. Высокоэффективная жидкостная хроматография. Сущность метода. Требования к адсорбентам и подвижной фазе. Влияние природы и состава элюента на эффективность разделения. Разновидности метода в зависимости от полярности неподвижной фазы: нормально-фазовый и обращенно-фазовый варианты. Выбор условий разделения. Детекторы. Применение для анализа сложных смесей. (ПК-4) (ПК-5)
38. Ионообменная хроматография. Неорганические и органические ионообменники и их свойства. Комплексообразующие ионообменники. Кинетика и селективность ионного обмена. Влияние природы и состава элюента на селективность разделения веществ. Примеры применения. (ПК-4) (ПК-5)
39. Ионная хроматография. Особенности метода. Двухколоночный и одноколоночный варианты метода. Сорбенты. Детекторы. Примеры применения. (ПК-4) (ПК-5)
40. Ион-парная хроматография. Принцип метода. Роль неподвижной фазы и вводимого в элюент противоиона. Области применения. (ПК-4) (ПК-5)
41. Эксклюзионная хроматография. Особенности механизма удерживания молекул. Характеристики сорбентов и подвижных фаз. Возможности и примеры применения. Гель-хроматография. Области применения. (ПК-4) (ПК-5)
42. Тонкослойная хроматография. Сущность метода и области применения. (ПК-4) (ПК-5)
43. Процессы и реакции, лежащие в основе методов разделения и концентрирования. Термодинамические и кинетические характеристики разделения и концентрирования. Классификация методов. Сочетание разделения и концентрирования с методами определения. Принципы выбора метода разделения и концентрирования. (ПК-2)
44. Сорбционные методы разделения и концентрирования. Классификация по механизму взаимодействия вещества с сорбентом, способу осуществления процесса, геометрическим признакам неподвижной фазы. Количественное описание сорбционных процессов. Сорбенты. (ПК-2)
45. Экстракция. Сущность метода. Закон распределения. Основные количественные характеристики. Классификация экстракционных процессов по типу используемого экстрагента, типу образующихся соединений, технике осуществления. Основные типы соединений, используемых в экстракции. Классы экстрагентов. (ПК-2)
46. Метрологические основы химического анализа Аналитический сигнал. Результат анализа как случайная величина. Погрешности, способы их классификации, основные источники погрешностей. Стандартные образцы. (ПК-3)
47. Систематические погрешности в химическом анализе. Правильность и способы подтверждения правильности. Законы сложения погрешностей. Релятивизация, контрольный опыт. Рандомизация. (ПК-3)
48. Случайные погрешности в химическом анализе. Генеральная и выборочная совокупности результатов химического анализа. Закон нормального распределения результатов анализа, его проверка. (ПК-3)
49. Распределение Пуассона. Статистика малых выборок. Воспроизводимость. Статистические критерии: математическое ожидание (генеральное среднее) и генеральная дисперсия случайной величины, выборочное среднее, выборочная дисперсия, стандартное отклонение, доверительная вероятность и доверительный интервал. (ПК-3)
50. Сравнение двух (критерий Фишера) и нескольких (критерии Бартлера, Кохрена) дисперсий. Сравнение двух (критерий Стьюдента) и нескольких (критерий Фишера) средних результатов химического анализа. (ПК-3)

51. Чувствительность. Коэффициент чувствительности. Предел обнаружения, нижняя граница определяемых содержаний, их статистическая оценка. (ПК-3)
52. Погрешности отдельных стадий анализа и конечного результата. Применение дисперсионного анализа для оценки погрешностей отдельных стадий и операций химического анализа. Проверка значимости выборочного коэффициента корреляции. Использование корреляционного анализа для проверки независимости двух аналитических методик. (ПК-3)
53. Применение регрессионного анализа для построения градуировочных зависимостей. Нахождение содержания вещества по градуировочной зависимости, статистическая оценка результата. Математическое планирование и оптимизация аналитического эксперимента с использованием дисперсионного и многомерного регрессионного анализа. (ПК-3)
54. Аналитический цикл и стадии анализа/ Выбор метода и схемы анализа, отбор пробы, подготовка пробы (разложение, разделение, концентрирование и другие операции), получение аналитической формы, измерение аналитического сигнала, обработка результатов измерений. (ПК-2)
55. Пробоотбор и пробоподготовка Представительность пробы. Отбор проб гомогенного и гетерогенного состава; средних проб твердых, жидких и газообразных веществ; токсичных и радиоактивных проб. Основные операции перевода пробы в форму, удобную для анализа. (ПК-2)

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) основная литература:

1. 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. Методы химического анализа. - М.: Высшая школа, 2002. - 494 с **в электронной форме**
2. М.Ф. Куприянов, А.Г. Рудская, Н.Б. Кофанова Современные методы структурного анализа веществ: учебник / Куприянов М.Ф., Рудская А.Г., Кофанова Н.Б. - Ростов-на-Дону:Издательство ЮФУ, 2009. - 288 с. **В электронной форме**
3. Бёккер Ю. Хроматография. Инструментальная аналитика: методы хроматографии и капиллярного электрофореза. - М. Техносфера, 2009. **В электронной форме**
4. Москвин Л.Н.Методы разделения и концентрирования в аналитической химии. – М.: Интеллект, 2012 **в бумажном и электронном виде**
5. Келсалл Р., Хамли А., Геогегана М.Научные основы нанотехнологий и новые приборы. – М.: Интеллект, 2011 г. **в бумажной форме**
6. Другов Ю.С. Газохроматографическая идентификация загрязнений воздуха, воды, почвы и биосред: Практическое руководство. \Ю.С. Другов, И.Г. Зенкевич, А.А. Родин. – 2-е изд., перераб. и дополн. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005. **В бумажной и электронной форме**
7. Отто М. Современные методы аналитической химии. Т1., Т.2. М.: Техносфера, 2004 **в бумажном виде 3 экз.; в электронной форме**
8. Петрухин О.М., ред. Аналитическая химия. Химические методы анализа. М.: Химия, 1993 **в бумажном виде**
9. Плетнев И.В., ред. Анализ объектов окружающей среды: Инструм. методы. М.: Мир, 1993 **в бумажном виде 3 экз.**
10. Посыпайко В.И. Васина Н.А. Аналитическая химия и технический анализ: Учеб. пос. для вузов. М.: Высш. шк., 1979 **в бумажном виде**
11. Тарасова Н.П. Кузнецов В.А. Сметанников Ю.В. Задачи и вопросы по химии окружающей среды. М.: Мир, 2002 **в бумажном виде**

12. Пискарева С.К. Барашков К.М. Ольшанова К.М. Аналитическая химия: Учеб. - 2-е изд. М.: Высш. шк., 1994 **в бумажном виде 2 экз.**
13. Золотов Ю.А. Иванов В.М. Амелин В.Г. Химические тест-методы анализа. М.: УРСС, 2002 **в бумажном виде**
14. Карпов Ю.А. Савостин А.П. Методы пробоотбора и пробоподготовки. М.: БИНОМ, 2003 **в бумажном виде**
15. Баскин З.Л. Промышленный аналитический контроль. Хроматографические методы анализа фтора и его соединений. М.: Энергоатомиздат, 2008 **в бумажном виде**
16. Руденко Б.А. Руденко Г.И. Высокоэффективные хроматографические процессы. Т.1, Т.2: Процессы с конденсированными подвижными фазами. М.: Наука, 2003 **в бумажном виде**
17. Р. Смит Сверхкритическая флюидная хроматография./Пер. с англ. М.: Мир, 1991 **в бумажном виде**
18. Белявская Т.А. Большова Т.А. Брыкина Г.Д. Хроматография неорганических веществ: Учеб. пос. для хим. фак. ун-тов. М.: Высш. шк., 1986 **в бумажном виде**
19. Вигдергауз М.С. Кирш С.И. Карабанов Н.Т. Хроматография в системе газ-коллоид: Монография. Н.Новгород: ННГУ, 1991 **в бумажном виде**
20. Скрышевский А.Ф. Структурный анализ жидкостей и аморфных тел. - 2-е изд. М.: Выш. шк., 1980 **в бумажном виде**
21. Пупышев А.А. Практический курс атомно-абсорбционного анализа: Курс лекций. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2003 **в бумажном виде**

б) дополнительная литература:

1. Аналитическая химия. Аналитика 1. Общие теоретические основы. Качественный анализ / Харитонов Ю.Я. - М.: ГЭОТАР-Медиа, 2003. **В электронной форме**
2. Аналитическая химия. Аналитика 2. Количественный анализ. Физико-химические (инструментальные) методы анализа/ Ю.Я. Харитонов - М.: ГЭОТАР-Медиа, 2014. **В электронной форме**
3. Отто М. - Современные методы аналитической химии. - М.: Техносфера, Т.1, Т.2. 2006. - 416 с. **В бумажном виде 3 экз.**
4. Пупышев А.А. Данилова Д.А. Атомно-эмиссионный спектральный анализ с индуктивно связанной плазмой и тлеющим разрядом по Гримму. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2002 **в бумажном виде 2 экз.**
5. Брандон Д. Каплан У. Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля. М.: Техносфера, 2004 **в бумажном виде 2 экз.**
6. Сысоев А.А. Чупахин М.С. Введение в масс-спектрометрию. М.: Атомиздат, 1977 **в бумажном виде**
7. Миронов В.Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии. М.: Техносфера, 2004 **в бумажном виде**
8. Юделевич И.Г. Буянова Л.М. Шелпакова И.Р. Химико-спектральный анализ веществ высокой чистоты. Новосибирск: Наука, 1980 **в бумажном виде**
9. Юделевич И.Г. Старцева Е.А. Атомно-абсорбционное определение благородных металлов: Монография. Новосибирск: Наука, 1981 **в бумажном виде 2 экз.**
10. Пешкова В.М. Громова М.И. Методы абсорбционной спектроскопии в аналитической химии: Учеб. пос. М.: Высш. шк., 1976 **в бумажном виде**
11. Терек Т. Мика Й. Гегуш Э. Эмиссионный спектральный анализ: Ч.1, Ч.2. М.: Мир, 1982 **в бумажном виде**
12. Дорохова Е.Н., Прохорова Г.В. Задачи и вопросы по аналитической химии. М.: Мир, 2001. 267 с. **В бумажном виде**
13. Шаповалова Е.Н., Пирогов А.В. Хроматографические методы анализа. Методическое пособие для специального курса. МГУ, 2007. **В электронной форме**

14. Гармаш А.В., Сорокина М.Н. Метрологические основы аналитической химии, **в электронной форме**

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

<http://elibrary.ru>

<http://нэб.рф>

<http://info.sciencedirect.com/techsupport/journals/freedomcoll.htm>

<http://www.elsevier.com/solution/sciencedirect/content/book-title-lists>

Сайт научного совета по аналитической химии РАН: <http://www.rusanalytchem.org>

SpringerLink: <http://link.springer.com>

Журнал «Успехи химии»: <http://www.uspkhim.ru>.

The Analyst [Электронный ресурс]: <http://www.rsc.org/is/journals/current/analyst/anlpub.htm>.

TrAC - Trends in Analytical Chemistry [Электронный ресурс]: <http://www.elsevier.nl/inca/publications/store/5/0/2/6/9/5/>.

*в) периодические издания:*

1. Доклады Академии наук
2. Журнал аналитической химии
3. Журнал неорганической химии
4. Журнал физической химии
5. Заводская лаборатория
6. Известия ВУЗ: Материалы электронной техники
7. Квантовая электроника
8. Коллоидный журнал
9. Масс-спектрометрия
10. Металлы
11. Мир измерений
12. Неорганические материалы
13. Оптика и спектроскопия
14. Оптический журнал
15. Перспективные материалы
16. Теоретические основы химической технологии
17. Успехи химии
18. Физика и химия стекла
19. Фотоника
20. Химия и жизнь
21. Энциклопедия инженера-химика

#### **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

- Ноутбук, медиа-проектор, экран.
- Программное обеспечение для демонстрации слайд-презентаций.

Программа составлена в соответствии с требованиями следующих нормативных документов:

1. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки 04.06.01. Химические науки (уровень подготовки кадров высшей квалификации) - приказ Минобрнауки России от 30.07.2014 № 869.
2. Паспорт специальности - паспорт научной специальности 02.00.02 – «Аналитическая химия»,

разработанный экспертами ВАК Минобрнауки России в рамках Номенклатуры специальностей научных работников, утвержденной приказом Минобрнауки России от 25.02.2009 г. № 59.

3. Программа-минимум кандидатского экзамена по специальности 02.00.02 – «Аналитическая химия», утвержденная приказом Минобрнауки России от 08.10.2007 № 274 «Об утверждении программ кандидатских экзаменов».

**Авторы:**

Зав. ЛПМПВВ, д.х.н.

Зав.ЛАХВВ, к.х.н.

Сенников П.Г.

Пименов В.Г.

**Рецензент:**

С.н.с. ЛАХВВ, к.х.н.

Созин А.Ю.

**Карты компетенций, в формировании которой участвует дисциплина**

<b>Планируемые результаты обучения</b> (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций), шифр	<b>Критерии оценивания результатов обучения</b>				
	1	2	3	4	5
<b>ПК-2</b>					
<b>ЗНАТЬ:</b> современное состояние науки в области аналитической химии и в смежных областях	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о современном состоянии науки в области аналитической химии	Неполные представления о современном состоянии науки в области аналитической химии	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы, представления о современном состоянии науки в области аналитической химии	Сформированные систематические представления о современном состоянии науки в области аналитической химии
<b>ЗНАТЬ:</b> требования к содержанию и правила оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях	Общие представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей, наличие однократного опыта публикаций в рецензируемых научных изданиях	Сформированные представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей, наличие неоднократного опыта публикаций в рецензируемых научных изданиях
<b>УМЕТЬ:</b> представлять научные результаты по теме диссертационной работы в виде публикаций в рецензируемых научных изданиях	Отсутствие умений	Фрагментарное использование методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	В целом успешное, но не систематическое использование методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы использование методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	Сформированное умение использовать методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях

УМЕТЬ: представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу	Отсутствие умений	Умение представлять результаты НИР узкому кругу специалистов	В целом успешное, умение представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому сообществу	Успешное умение представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу	Сформированное умение представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу; определять целевые группы и форматы продвижения результатов собственной научной деятельности
ВЛАДЕТЬ: методами планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировки выводов и рекомендаций по направленности (научной специальности)	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение методов планирования, подготовки и проведения НИР, анализа и обсуждения полученных данных	В целом успешное, но не систематическое применение методов планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение методов планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировка выводов по результатам НИР	Успешное и систематическое применение методов планирования, подготовки и проведения НИР и анализа и обсуждения экспериментальных данных; формулировка выводов и рекомендаций по результатам НИР
<b>ПК-3</b>					
ЗНАТЬ: Требования к корректному выбору методов обработки экспериментальных данных и/или методов численного моделирования химических процессов; современные направления развития методом обработки экспериментальных данных и/или методов численного	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания о требованиях к корректному выбору методов обработки экспериментальных данных и/или методов численного моделирования химических процессов; современные	Неполные знания о требованиях к корректному выбору методов обработки экспериментальных данных и/или методов численного моделирования химических процессов; современные направления развития методом	Сформированные, но содержащие определенные пробелы знания о требованиях к корректному выбору методов обработки экспериментальных данных и/или методов численного моделирования химических процессов;	Сформированные и систематические знания о требованиях к корректному выбору методов обработки экспериментальных данных и/или методов численного моделирования химических процессов; современные



моделирования в своей профессиональной области		направления развития методом обработки экспериментальных данных и/или методов численного моделирования в своей профессиональной области	обработки экспериментальных данных и/или методов численного моделирования в своей профессиональной области	современные направления развития методом обработки экспериментальных данных и/или методов численного моделирования в своей профессиональной области	направления развития методом обработки экспериментальных данных и/или методов численного моделирования в своей профессиональной области
УМЕТЬ: Корректно использовать современные методы обработки экспериментальных данных и/или современные методы численного моделирования сложных химических процессов в своей профессиональной области	Отсутствие умений	Частично освоенное умение корректно использовать современные методы обработки экспериментальных данных и/или современные методы численного моделирования сложных химических процессов в своей профессиональной области	В целом успешное, но не систематическое умение корректно использовать современные методы обработки экспериментальных данных и/или современные методы численного моделирования сложных химических процессов в своей профессиональной области	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение корректно использовать современные методы обработки экспериментальных данных и/или современные методы численного моделирования сложных химических процессов в своей профессиональной области	Успешное и систематическое умение корректно использовать современные методы обработки экспериментальных данных и/или современные методы численного моделирования сложных химических процессов в своей профессиональной области
ВЛАДЕТЬ: Современными методами обработки экспериментальных данных и/или современными методами численного моделирования в химическом анализе; систематическими знаниями в области современных методов обработки	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение современных методов обработки экспериментальных данных и/или современными методами численного моделирования в химическом анализе; систематическими	В целом успешное, но не систематическое применение современных методов обработки экспериментальных данных и/или современными методами численного моделирования в химическом анализе; систематическими	В целом успешные, но содержащие определенные пробелы навыки применения современных методов обработки экспериментальных данных и/или современными методами численного моделирования в	Успешное и систематическое применение навыков применения современных методов обработки экспериментальных данных и/или современными методами численного моделирования в

экспериментальных данных в области аналитической химии.		знаниями в области современных методов обработки экспериментальных данных в области аналитической химии.	знаниями в области современных методов обработки экспериментальных данных в области аналитической химии.	химическом анализе; систематическими знаниями в области современных методов обработки экспериментальных данных в области аналитической химии.	химическом анализе; систематическими знаниями в области современных методов обработки экспериментальных данных в области аналитической химии.
<b>ПК-4</b>					
<b>ЗНАТЬ:</b> основные приемы химического эксперимента, инструментальные аналитические методы исследования объектов окружающей среды и технологических сред	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления об основных приемах химического эксперимента, инструментальных аналитических методах исследования объектов окружающей среды и технологических сред	Неполные знания об основных приемах химического эксперимента, инструментальных аналитических методах исследования объектов окружающей среды и технологических сред	В целом полные, но содержащие определенные пробелы знания об основных приемах химического эксперимента, инструментальных аналитических методах исследования объектов окружающей среды и технологических сред	Полные и системные знания об основных приемах химического эксперимента, инструментальных аналитических методах исследования объектов окружающей среды и технологических сред
<b>УМЕТЬ:</b> осуществлять исследования объектов окружающей среды и технологических сред	Отсутствие умений	Частично сформированные умения об осуществлении исследований объектов окружающей среды и технологических сред	В целом успешные, но не систематическое умение об осуществлении исследований объектов окружающей среды и технологических сред	В целом успешное, но содержащее определенные пробелы умение об осуществлении исследований объектов окружающей среды и технологических сред	Успешное и систематическое использование навыков осуществления исследований объектов окружающей среды и технологических сред
<b>ВЛАДЕТЬ:</b> Навыками разработки принципов анализа объектов окружающей среды и технологических сред	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков разработки принципов анализа объектов окружающей среды и технологических сред	В целом успешное, но не систематическое применение навыков разработки принципов анализа объектов окружающей среды и	В целом успешное, но содержащее определенные пробелы применение навыков разработки принципов анализа объектов	Успешное и систематическое применение навыков разработки принципов анализа объектов окружающей среды и

			технологических сред	окружающей среды и технологических сред	технологических сред
<b>ПК-5</b>					
<p><b>ЗНАТЬ:</b> химические, физические и технические аспекты химических промышленных процессов; основные требования правил безопасности при работе с оборудованием различных классов сложности и опасности; цели и задачи научных исследований по направлению деятельности, базовые принципы и методы их организации; требования к представлению отчетных материалов; основные методы обработки экспериментальных данных</p>	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о химических, физических и технических аспектах химических промышленных процессов; основные требования правил безопасности при работе с оборудованием различных классов сложности и опасности; цели и задачи научных исследований по направлению деятельности, базовые принципы и методы их организации; требования к представлению отчетных материалов; основные методы обработки экспериментальных данных)	Неполные представления о химических, физических и технических аспектах химических промышленных процессов; основные требования правил безопасности при работе с оборудованием различных классов сложности и опасности; цели и задачи научных исследований по направлению деятельности, базовые принципы и методы их организации; требования к представлению отчетных материалов; основные методы обработки экспериментальных данных)	Сформированные, но содержащие определенные пробелы представления о химических, физических и технических аспектах химических промышленных процессов; основные требования правил безопасности при работе с оборудованием различных классов сложности и опасности; цели и задачи научных исследований по направлению деятельности, базовые принципы и методы их организации; требования к представлению отчетных материалов; основные методы обработки экспериментальных данных)	Сформированные системные представления о химических, физических и технических аспектах химических промышленных процессов; основные требования правил безопасности при работе с оборудованием различных классов сложности и опасности; цели и задачи научных исследований по направлению деятельности, базовые принципы и методы их организации; требования к представлению отчетных материалов; основные методы обработки экспериментальных данных)
<p><b>УМЕТЬ:</b> Использовать новое сложное технологическое (в том числе</p>	Отсутствие умений	Частично освоенное умение использовать новое сложное	В целом успешное, но не систематическое умение использовать новое	В целом успешное, но содержащее определенные пробелы	Успешное (полное) и системное умение использовать новое

<p>– нанотехнологическое) оборудование для получения перспективных материалов (в том числе – наноматериалов) различного функционального назначения; использовать современное современные физические модели, а также результаты фундаментальных и прикладных исследований для разработки новых методик аттестации структуры и свойств перспективных материалов различного функционального назначения.</p>		<p>технологическое (в том числе – нанотехнологическое) оборудование для получения перспективных материалов (в том числе – наноматериалов) различного функционального назначения; использовать современное современные физические модели, а также результаты фундаментальных и прикладных исследований для разработки новых методик аттестации структуры и свойств перспективных материалов различного функционального назначения.</p>	<p>сложное технологическое (в том числе – нанотехнологическое) оборудование для получения перспективных материалов (в том числе – наноматериалов) различного функционального назначения; использовать современное современные физические модели, а также результаты фундаментальных и прикладных исследований для разработки новых методик аттестации структуры и свойств перспективных материалов различного функционального назначения.</p>	<p>умение использовать новое сложное технологическое (в том числе – нанотехнологическое) оборудование для получения перспективных материалов (в том числе – наноматериалов) различного функционального назначения; использовать современное современные физические модели, а также результаты фундаментальных и прикладных исследований для разработки новых методик аттестации структуры и свойств перспективных материалов различного функционального назначения.</p>	<p>сложное технологическое (в том числе – нанотехнологическое) оборудование для получения перспективных материалов (в том числе – наноматериалов) различного функционального назначения; использовать современное современные физические модели, а также результаты фундаментальных и прикладных исследований для разработки новых методик аттестации структуры и свойств перспективных материалов различного функционального назначения.</p>
<p><b>ВЛАДЕТЬ:</b> Навыками работы со сложным исследовательским, контрольно-измерительным и технологическим оборудованием (в том числе</p>	<p>Отсутствие навыков</p>	<p>Фрагментарное применение навыков работы со сложным исследовательским, контрольно-измерительным и</p>	<p>В целом успешное, но не систематическое применение навыков работы со сложным исследовательским, контрольно-</p>	<p>В целом успешное, но содержащее определенные пробелы использование навыков работы со сложным исследовательским,</p>	<p>Полное и систематическое применение навыков работы со сложным исследовательским, контрольно-</p>

– нанотехнологическим оборудованием мирового уровня).		технологическим оборудованием (в том числе – нанотехнологическим оборудованием мирового уровня).	измерительным и технологическим оборудованием (в том числе – нанотехнологическим оборудованием мирового уровня).	контрольно-измерительным и технологическим оборудованием (в том числе – нанотехнологическим оборудованием мирового уровня).	измерительным и технологическим оборудованием (в том числе – нанотехнологическим оборудованием мирового уровня).
ВЛАДЕТЬ: навыками разработки и верификации новых методик аттестации структуры и свойств конструкционных и многофункциональных материалов (в том числе – наноматериалов)	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков разработки и верификации новых методик аттестации структуры и свойств конструкционных и многофункциональных материалов (в том числе – наноматериалов)	В целом успешное, но не систематическое применение навыков разработки и верификации новых методик аттестации структуры и свойств конструкционных и многофункциональных материалов (в том числе – наноматериалов)	В целом успешное, но содержащее определенные пробелы использование навыков разработки и верификации новых методик аттестации структуры и свойств конструкционных и многофункциональных материалов (в том числе – наноматериалов)	Полное и систематическое применение навыков разработки и верификации новых методик аттестации структуры и свойств конструкционных и многофункциональных материалов (в том числе – наноматериалов)