

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Саратовский национальный исследовательский государственный университет  
имени Н.Г. Чернышевского»

Институт химии

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебно-методической  
работе, д-р филол. наук, профессор

Е.Г. Елина

« 31 » августа 2016 г.

**Рабочая программа кандидатского экзамена по  
дисциплине специальности**

Направление подготовки кадров высшей квалификации

*04.06.01 Химические науки*

Направленность

*Аналитическая химия*

Квалификация (степень) выпускника

**Исследователь. Преподаватель-исследователь**

Форма обучения

Очная

Саратов  
2016

## **1. Цели и задачи кандидатского экзамена**

**Цель:** контроль достижения аспирантами уровня профессионального мастерства в избранной области научных исследований, теоретического и практического владения основами аналитической химии в рамках компетентностного подхода в пределах программных требований кандидатского экзамена и ООП аспирантуры по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки, направленность «Аналитическая химия».

### **Задачи:**

- продемонстрировать знание теоретических и прикладных вопросов современной аналитической химии.
- показать владение методами и методиками научного исследования и эксперимента в области современной аналитической химии, в том числе по выбранному научному направлению НКР.
- проявить умение критически анализировать, оценивать и обобщать результаты современных научных достижений и использовать их в генерировании собственных научных идей для планирования и решения оригинальных исследовательских и практических задач.

## **2. Место кандидатского экзамена в структуре ООП аспирантуры**

Кандидатский экзамен по дисциплине специальности относится к вариативной части ООП по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки, направленность - Аналитическая химия.

Кандидатский экзамен по дисциплине специальности сдается в 5 семестре.

## **3. Компетенции, проверяемые в процессе сдачи кандидатского экзамена.**

- умения прогнозировать конечный результат исследования при выполнении профессиональных функций, опираясь на фундаментальные основы химии, накопленный экспериментальный опыт в избранной области, современные наукоемкие технологии и аппаратный парк (ПК-1);
- способность представлять результаты исследования в виде научных докладов и публикаций в ведущих Международных изданиях и журналах рекомендованных ВАК, участвовать в конкурсных проектах, интернет-конференциях с использованием современных информационных технологий, оформлять НКР (ПК-3)

## **4. Структура и содержание программы кандидатского экзамена.**

- Общая трудоемкость - 1 зач. единиц;  
- 36 часов;  
- 5 семестр.

## Содержание дисциплины (программа)

### Введение

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, атомный, структурно-групповой (функциональный), молекулярный, вещественный, фазовый. Макро-, микро-, ультрамикрoанализ. Локальный, неразрушающий, дистанционный, непрерывный, внелабораторный (полевой).

### Методы анализа

#### *Химические методы*

##### **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.

**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.

**Комплексообразование.** Типы комплексных соединений, используемых в химическом анализе. Ступенчатое комплексообразование. Константы устойчивости. Методы определения состава комплексных соединений и расчета констант устойчивости. Кинетика реакций комплексообразования. Инертные 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.

#### *Гравиметрические методы*

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

#### *Титриметрические методы*

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

**Кислотно-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.

#### *Кинетические методы*

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

#### *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.

#### *Электрохимические методы*

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

**Потенциометрия.** Равновесные электрохимические системы и их характеристики. Ионометрия: 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.

### **Физические методы**

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

#### *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.

#### *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.

#### *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.

#### *Методы масс-спектрометрии*

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

## *Методы локального анализа и анализа поверхности*

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

## **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.

## **Хроматографические методы**

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.

### *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. Газовая хроматография с программированным подъемом температуры. Детекторы. Примеры применения.

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

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

**Сверхкритическая флюидная хроматография.** Сущность, особенности, применение.

### *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.

### ***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.

## **Метрология и хемометрика**

### ***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. Законы сложения погрешностей. Релятивизация, контрольный опыт. 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, дисперсия, стандартное отклонение, доверительная вероятность и доверительный интервал. Сравнение двух (критерий Фишера) и нескольких (критерии Бартлера, Кокрена) 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.

### ***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.

### **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.

### **Анализ конкретных объектов**

#### *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.

#### *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.

#### *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.

## **5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов.**

Виды самостоятельной работы:

- поиск и анализ литературных источников информации с использованием библиотечных, интернет-ресурсов, баз данных;
- овладение программным обеспечением и (при необходимости) расчетными методами исследования;



## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение

### Основная литература

1. Физические методы исследования и их практическое применение в химическом анализе / Н.Г. Ярышев, Д.А. Панкратов, М.И. Токарев и др. - Москва : Прометей, 2012. - 160 с. (ЭБС «АЙБУКС»)

### Дополнительная литература

1. В.П. Васильев. Аналитическая химия. В 2-х ч. Ч.2. Физико-химические методы анализа. М.: Дрофа, 2007. 384с.
2. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа / Под ред. А.А. Ищенко. М.: Изд. центр "Академия", 2010. Т. 1. 352 с.
3. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа / Под ред. А.А. Ищенко. М.: Изд. центр "Академия", 2010. Т. 2. 416 с.
4. Кулапина Е.Г. Электрохимические методы анализа. Саратов: Изд-во СГУ, 2007, 108 с.
5. Аналитическая химия. Т. 1. Методы идентификации и определения веществ / Под ред. Л.Н. Москвина. М.: Изд. центр "Академия", 2008. 576 с.
6. Основы аналитической химии. В 2-х томах / Ю.А.Золотов, Е.Н.Дорохова, В.И.Фадеева и др.; Под ред. Ю. А. Золотова. М.: Высшая школа, 2004.

### Перечень Интернет-ресурсов

При подготовке к ГИА целесообразно обратиться к следующим информационным ресурсам:

#### Электронные научные библиотеки и каталоги открытого доступа

<http://elibrary.ru> – Научная электронная библиотека, система РИНЦ.

<http://ellib.gpntb.ru/> – Электронная библиотека ГПНТБ России.

<http://cyberleninka.ru/about> – Научная библиотека открытого доступа «КиберЛенинка».

<http://www.scintific.narod.ru/index.htm> – Каталог научных ресурсов. Ссылки на специализированные научные поисковые системы, электронные архивы, средства поиска статей и ссылок.

<https://scholar.google.ru/> - Google Scholar – Поисковая система по научной литературе.

Статьи крупных научных издательств, архивы препринтов, публикации на сайтах университетов, научных обществ и других научных организаций.

<http://abc-chemistry.org/ru/> - Бесплатная научная химическая информация. Каталог бесплатных полнотекстовых журналов. В Каталог включены только те журналы, которые предоставляют постоянный бесплатный доступ к полным текстам статей, причем не менее чем к годовому комплекту.

<http://e.lanbook.com/> - Электронно-библиотечная система издательства "Лань".

<http://znanium.com/> - Электронная библиотечная система "Znanium.com"

<http://biblio-online.ru/> - Электронная библиотечная система издательства "Юрайт".

<http://ibooks.ru/> - Электронно-библиотечная система ibooks.ru.

<http://rucont.ru/> - Электронно-библиотечная система РУКОНТ.

<http://www.bibliorossica.com/> - Электронно-библиотечная система "БИБЛИОРОССИКА".

<http://library.sgu.ru/> - Сайт Зональной научной библиотеки им. В.А.Артисевич

Саратовского государственного университета им. Н.Г. Чернышевского, в том числе:

<http://elibrary.sgu.ru/djvu/> - Электронная библиотека СГУ;

[http://library.sgu.ru/cgi-](http://library.sgu.ru/cgi-bin/irbis64r_91/cgiirbis_64.exe?C21COM=F&I21DBN=ELBIB&P21DBN=ELBIB&S21FMT=&S21ALL=&Z21ID=&S21CNR=)

[bin/irbis64r\\_91/cgiirbis\\_64.exe?C21COM=F&I21DBN=ELBIB&P21DBN=ELBIB&S21FMT=&S21ALL=&Z21ID=&S21CNR=](http://library.sgu.ru/cgi-bin/irbis64r_91/cgiirbis_64.exe?C21COM=F&I21DBN=ELBIB&P21DBN=ELBIB&S21FMT=&S21ALL=&Z21ID=&S21CNR=) Электронная библиотека учебно-методической литературы СГУ; <http://library.sgu.ru/index.php?page=tttt> - Полнотекстовые ресурсы СГУ.

## 7. Материально-техническое обеспечение

- лекционная аудитория, оснащенная оверхэд-проектором для демонстрации учебного материала;
- специализированный компьютерный класс, оснащенный необходимым программным обеспечением и выходом в Интернет;
- аппаратное и программное обеспечение (и соответствующие методические материалы) для проведения самостоятельной работы по подготовке к кандидатскому экзамену.

## 8. Особенности ~~освоения~~ дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для аспирантов с ограниченными возможностями здоровья предусмотрены следующие формы организации педагогического процесса и контроля знаний:

- для слабовидящих:

обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;

для выполнения контрольных заданий при необходимости предоставляется увеличивающее устройство;

задания для выполнения, а также инструкция о порядке выполнения контрольных заданий оформляются увеличенным шрифтом (размер 16-20);

- для глухих и слабослышащих:

обеспечивается наличие звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования, при необходимости аспирантам предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;

- для лиц с тяжелыми нарушениями речи, глухих, слабослышащих все контрольные задания по желанию аспирантов могут проводиться в письменной форме.

Основной формой организации педагогического процесса является интегрированное обучение инвалидов, т.е. все аспиранты обучаются в смешанных группах, имеют возможность постоянно общаться со сверстниками, легче адаптируются в социуме.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению 04.06.01 Химические науки, направленность «Аналитическая химия»

Автор программы:  (Русанова Т.Ю., доцент, д.х.н., зав. кафедрой)

Программа одобрена на заседании кафедры аналитической химии и химической экологии от 24 июня 2015 г., протокол № 11.

Программа актуализирована в 2016 г. (одобрена на заседании кафедры аналитической химии и химической экологии от 30 августа 2016 г., протокол № 1).

Зав. кафедрой, д.х.н., доцент



Т.Ю. Русанова

Директор Института химии  
д.х.н., профессор

О.В. Федотова

## Приложение 1

### Фонд оценочных средств

#### 1. Карта компетенций

Контролируемые компетенции (шифр компетенции)	Планируемые результаты обучения (знает, умеет, владеет)
<p><b>ПК-1</b> умения прогнозировать конечный результат исследования при выполнении профессиональных функций, опираясь на фундаментальные основы химии, накопленный экспериментальный опыт в избранной области, современные наукоемкие технологии и аппаратный парк</p>	<p><b>Знать:</b> современные методики и подходы теоретического и экспериментального решения комплексных химических задач с привлечением современного парка инновационного оборудования в рамках решения поставленной исследовательской задачи</p> <p><b>Уметь:</b> сопоставить собственный результат по решаемой задаче с накопленными данными в периодической печати, электронных ресурсах и других источниках научной и научно-технической информации</p> <p><b>Владеть:</b> навыками сопоставления оригинальных результатов решения исследовательской задачи с основными отечественными и мировыми научными и научно-техническими разработками</p>
<p><b>ПК-3</b> способность представлять результаты исследования в виде научных докладов и публикаций в ведущих Международных изданиях и журналах рекомендованных ВАК, участвовать в конкурсных проектах, интернет-конференциях с использованием современных информационных технологий, оформлять НКР</p>	<p><b>Знать:</b> основные требования к представлению результатов НИР, известные иностранные журналы и журналы, рекомендованные ВАК, публикующие результаты в выбранной научной области; информационное обеспечение для проведения интернет-конференций</p> <p><b>Уметь:</b> готовить основные элементы научной статьи, презентации устного или стендового сообщения на конференциях, в том-числе проводимых с использованием сети Интернет</p> <p><b>Владеть:</b> навыками представления результатов научно-исследовательской работы в виде печатных материалов и устных сообщений</p>

## 2. Контрольные вопросы к экзамену

1. Предмет аналитической химии, ее структура; место в системе наук, связь с практикой.
2. Значение аналитической химии в науке, экономике и других сферах.
3. Виды химического анализа.
4. Химические, физические и биологические методы анализа.
5. Основные этапы развития аналитической химии.
6. Основные стадии химического анализа.
7. Основные метрологические характеристики методики.
8. Способы определения содержания по данным аналитических измерений.
9. Классификация погрешностей анализа.
10. Способы оценки правильности анализа.
11. Статистическая обработка результатов измерений.
12. Основные типы химических реакций в аналитической химии.
13. Константы равновесия реакций и процессов.
14. Теория Дебая-Хюккеля. Коэффициенты активности.
15. Скорость реакций в химическом анализе.
16. Современные представления о кислотах и основаниях: Теория Льюиса, теория Бренстеда-Лоури.
17. Константы кислотности и основности. Кислотные и основные свойства растворителей.
18. Константа автопротолиза. Влияние природы растворителя на силу кислоты и основания; нивелирующий и дифференцирующий эффект растворителя.
19. Буферные растворы и их свойства. Буферная емкость.
20. Вычисления рН растворов кислот и оснований, многоосновных кислот и оснований, смеси кислот и оснований.
21. Типы комплексных соединений, используемых в аналитической химии.
22. Свойства комплексных соединений, имеющие аналитическое значение: устойчивость, растворимость, окраска, летучесть.
23. Количественные характеристики комплексных соединений.
24. Влияние комплексообразования на растворимость соединений, кислотно-основное равновесие, окислительно-восстановительный потенциал систем, стабилизацию различных степеней окисления элементов.
25. Электродный потенциал. Уравнение Нернста.
26. Направление реакции окисления и восстановления.
27. Основные неорганические и органические окислители и восстановители, применяемые в анализе.
28. Равновесие в системе раствор - осадок.
29. Осадки и их свойства. Кристаллические и аморфные осадки.
30. Факторы, влияющие на растворимость осадков.
31. Условия получения кристаллических и аморфных осадков.
32. Причины загрязнения осадка (совместное осаждение, соосаждение, последующее осаждение).
33. Классификация различных видов соосаждения. Положительное и отрицательное значение явления соосаждения в анализе.
34. Хелаты, внутрикомплексные соединения.
35. Важнейшие органические реагенты, применяемые для обнаружения и определения ионов металлов, для маскирования и демаскирования, разделения.
36. Возможности использования органических реагентов в различных методах анализа.
37. Идентификация атомов, ионов и веществ. Дробный и систематический анализ.
38. Основные методы разделения и концентрирования, их роль в химическом анализе.
39. Константа распределения. Коэффициент распределения. Степень извлечения. Коэффициент разделения. Коэффициент концентрирования.

40. Теоретические основы методов экстракции.
41. Классификация экстракционных процессов.
42. Типы экстракционных систем.
43. Применение неорганических и органических реагентов для осаждения.
44. Концентрирование микроэлементов соосаждением на неорганических и органических носителях (коллекторах).
45. Определение хроматографии. Классификация методов по агрегатному состоянию подвижной и неподвижной фаз, по механизму разделения, по технике выполнения.
46. Способы получения хроматограмм (фронтальный, вытеснительный, элюентный).
47. Основные параметры хроматограммы.
48. Основное уравнение хроматографии. Теория теоретических тарелок. Кинетическая теория.
49. Качественный и количественный хроматографический анализ.
50. Газовая хроматография. Схема газового хроматографа. Колонки.
51. Газо-адсорбционная (газо-твердофазная) хроматография. Сорбенты и носители, требования к ним. Механизм разделения.
52. Газо-жидкостная хроматография.
53. Детекторы в газовой хроматографии, их чувствительность и селективность.
54. Жидкостная хроматография. Схема жидкостного хроматографа. Насосы, колонки.
55. Виды жидкостной хроматографии.
56. Высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ).
57. Основные типы детекторов в жидкостной хроматографии, их чувствительность и селективность.
58. Полярные и неполярные неподвижные фазы в ВЭЖХ и принципы их выбора.
59. Подвижные фазы в ВЭЖХ и принципы их выбора.
60. Ионообменная хроматография. Ион-парная и лигандообменная хроматография.
61. Эксклюзионная хроматография.
62. Тонкослойная хроматография.
63. Бумажная хроматография.
64. Сущность гравиметрического анализа, преимущества и недостатки метода.
65. Важнейшие органические и неорганические осадители.
66. Общая схема гравиметрического определения. Требования к осаждаемой и гравиметрической формам.
67. Погрешности в гравиметрическом анализе.
68. Термогравиметрический анализ.
69. Примеры практического применения гравиметрического метода анализа.
70. Методы титриметрического анализа. Классификация.
71. Требования, предъявляемые к реакции в титриметрическом анализе.
72. Виды титриметрических определений: прямое, обратное, косвенное титрование.
73. Способы выражения концентраций растворов в титриметрии.
74. Первичные стандарты, требования к ним. Фиксаналы. Вторичные стандарты.
75. Виды кривых титрования. Точка эквивалентности и конечная точка титрования.
76. Построение кривых кислотно-основного титрования.
77. Кислотно-основные индикаторы. Погрешности титрования при определении сильных и слабых кислот и оснований, смесей кислот и оснований.
78. Первичные стандарты для установления концентрации растворов кислот и оснований.
79. Окислительно-восстановительное титрование. Построение кривых титрования.
80. Факторы, влияющие на величину скачка на кривой титрования: концентрация ионов водорода, образование комплексов и малорастворимых соединений, ионная сила, температура.
81. Индикаторы в окислительно-восстановительном титровании.
82. Методы окислительно-восстановительного титрования. Перманганатометрия.

- Иодометрия. Бихроматометрия.
83. Комплексометрическое титрование. Неорганические и органические титранты в комплексометрии.
  84. Комплексонометрия. Построение кривых титрования.
  85. Металлохромные индикаторы и требования, предъявляемые к ним.
  86. Общая характеристика электрохимических методов. Классификация.
  87. Электрохимические ячейки. Индикаторный электрод и электрод сравнения.
  88. Явления, возникающие при протекании тока (омическое падение напряжения, концентрационная и кинетическая поляризация).
  89. Поляризационные кривые и их использование в различных электрохимических методах.
  90. Прямая потенциометрия. Индикаторные электроды. Ионометрия.
  91. Классификация ионселективных электродов.
  92. Электродная функция, коэффициент селективности, время отклика.
  93. Примеры практического применения ионометрии.
  94. Потенциометрическое титрование.
  95. Кулонометрия. Теоретические основы метода.
  96. Способы определения количества электричества.
  97. Прямая и косвенная кулонометрия. Кулонометрия при постоянном токе и постоянном потенциале.
  98. Кулонометрическое титрование. Примеры практического применения.
  99. Классификация вольтамперометрических методов.
  100. Строение, преимущества и недостатки ртутного электрода.
  101. Применение твердых электродов в вольтамперометрии.
  102. Получение и характеристика вольтамперной кривой.
  103. Уравнение Ильковича. Уравнение полярографической волны Ильковича-Гейровского.
  104. Современные виды вольтамперометрии.
  105. Амперометрическое титрование.
  106. Определение концентрации веществ методом градуировочного графика и методом добавок с использованием классической, осциллографической, переменноточковой вольт-амперометрии.
  107. Общая характеристика электрогравиметрических методов.
  108. Спектр электромагнитного излучения.
  109. Основные типы взаимодействия вещества с излучением.
  110. Классификация спектроскопических методов.
  111. Спектры атомов. Основные и возбужденные состояния атомов. Законы испускания и поглощения.
  112. Спектры молекул; их особенности. Схемы электронных уровней молекулы.
  113. Основные законы поглощения электромагнитного излучения (Бугера-Ламберта-Бера) и излучения (Ломакина-Шейбе). Связь аналитического сигнала с концентрацией определяемого соединения.
  114. Атомно-эмиссионный анализ. Основы метода. Источники атомизации и возбуждения.
  115. Физические и химические процессы в источниках атомизации и возбуждения.
  116. Метод эмиссионной спектрометрии пламени.
  117. Атомно-абсорбционный метод. Атомизаторы и источники излучения.
  118. Молекулярная абсорбционная спектроскопия (спектрофотометрия).
  119. Связь химической структуры соединения с абсорбционным спектром.
  120. Основной закон светопоглощения Бугера-Ламберта-Бера. Отклонения от закона, их причины.
  121. Инструментальные погрешности; оптимальный интервал измеряемых значений оптической плотности.

122. Способы определения концентрации веществ. Измерение высоких, низких оптических плотностей (дифференциальный метод).
123. Анализ многокомпонентных систем.
124. Фотометрические аналитические реагенты; требования к ним.
125. Приборы в спектрофотометрии.
126. Молекулярная люминесцентная спектроскопия. Общая классификация молекулярной люминесценции. Схема Яблонского. Флуоресценция и фосфоресценция.
127. Закон Стокса-Ломмеля. Правило зеркальной симметрии Левшина. Энергетический и квантовый выход. Закон Вавилова.
128. Люминесцентный качественный и количественный анализ. Примеры практического применения метода.
129. Масс-спектрометрия. Идентификация и определение органических и неорганических веществ.
130. Хромато-масс-спектрометрия.
131. Использование ЭВМ в аналитической химии: сбор и первичная обработка результатов анализа; обработка многокомпонентных спектров и хроматограмм.
132. Управление аналитическими приборами, создание гибридных устройств анализатор-ЭВМ.
133. Автоматизация и механизация химического анализа.
134. Проточно-инжекционный анализ.
135. Представительность пробы. Факторы, обуславливающие размер и способ отбора представительной пробы.
136. Способы получения представительной пробы твердых, жидких и газообразных веществ.
137. Отбор проб гомогенного и гетерогенного состава. Устройства и приемы, используемые при отборе проб; первичная обработка и хранение проб.
138. Основные способы перевода пробы в форму, необходимую для данного вида анализа.
139. Способы устранения и учета загрязнений и потерь компонентов при пробоподготовке.
140. Объекты окружающей среды: воздух, природные и сточные воды, почвы, донные отложения. Характерные особенности и задачи их анализа.
141. Биологические и медицинские объекты. Аналитические задачи в этой области.
142. Геологические объекты. Анализ силикатов, карбонатов, железных, никель-кобальтовых руд, полиметаллических руд.
143. Анализ металлов, сплавов и других продуктов металлургической промышленности.
144. Природные и синтетические органические вещества и элементоорганические соединения, полимеры. Виды анализа таких объектов и соответствующие методы.

#### Критерии оценки:

<b>Отлично</b>	Аспирант обнаруживает высокий уровень владения профессиональными (ПК-1, ПК-3) компетенциями, а именно:
----------------	--

	глубокое, полное знание содержания материала и последние достижения в выбранной научной области, понимание сущности рассматриваемых явлений и закономерностей, принципов и теорий; умение прогнозировать и проводить корректный анализ полученных результатов. Он аргументирует свои суждения, грамотно владеет профессиональной терминологией, связно излагает свой ответ.
<b>Хорошо</b>	аспирант обнаруживает достаточный уровень владения профессиональными (ПК-1, ПК-3) компетенциями, а именно: владеет учебным материалом фундаментальными основами рассматриваемых научных задач (процессов) и демонстрирует ориентацию в научном материале по теме НКР, но при ответе допускает отдельные неточности.
<b>Удовлетворительно</b>	аспирант обнаруживает необходимый уровень владения профессиональными (ПК-1, ПК-3) компетенциями, а именно: излагает основное содержание учебного материала с учетом некоторых последних достижений в выбранной научной области, но раскрывает материал неполно, непоследовательно, допускает неточности в определении понятий, не умеет доказательно обосновать свои суждения
<b>Неудовлетворительно</b>	аспирант демонстрирует недостаточный уровень владения профессиональными (ПК-1, ПК-3) компетенциями, а именно: демонстрирует бессистемные знания, не выделяет главное и второстепенное, допускает ошибки в определении понятий, беспорядочно, неуверенно излагает материал или вообще отказывается от ответа.