

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра химии

**Методические указания  
к самостоятельной работе  
и выполнению контрольной работы**

Дисциплина Б1.О.03.01.03 Аналитическая химия  
код и наименование дисциплины

Направление подготовки 04.03.01 Химия  
код и наименование направления подготовки / специальности

Направленность / специализация  
Неорганическая химия и химия координационных соединений  
наименование направленности (профиля) / специализации образовательной программы

Квалификация выпускника Бакалавр  
указывается квалификация (степень) выпускника в соответствии с ФГОС ВО

Кафедра-разработчик Химия  
название кафедры-разработчика рабочей программы

Мурманск  
2019

Составитель – Деркач Светлана Ростиславовна доктор химических наук профессор

Методические указания к самостоятельной работе рассмотрены и одобрены на заседании кафедры-разработчика

\_\_\_\_\_ Химия \_\_\_\_\_

название кафедры

\_\_\_\_\_ протокол № \_\_\_\_\_.

## ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

### **Цель изучения дисциплины:**

формирование компетенций в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки бакалавра и учебным планом для направления подготовки 04.03.01 Химия профиль «Неорганическая химия и химия координационных соединений»

### **Задачи дисциплины:**

дать необходимые знания по основам современной аналитической химии, начиная от теоретического базиса и экспериментальных методов вплоть до описания комплекса типичных результатов измерений и основных направлений применения аналитической химии в промышленности.

### **В результате изучения дисциплины бакалавр должен:**

#### ***Знать:***

- метрологические основы химического анализа,
- типы реакций и процессов в аналитической химии, их основные закономерности;
- основные методы анализа (гравиметрические, титриметрические);

#### ***Уметь:***

- владеть методологией выбора оптимального метода анализа конкретного объекта и методикой его проведения
- использовать современные аналитические методы исследования и аналитическую технику;
- проводить анализ возможных погрешностей и избегать недочетов при проведении химического анализа
- анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений

#### ***Владеть:***

- проведением эксперимента химического анализа;
- обработкой и представлением полученных результатов в виде отчетов;
- эксплуатировать современную аппаратуру химического анализа и оборудование для выполнения лабораторных работ, связанных с химическим анализом веществ.
- проведением с соблюдением норм техники безопасности химического эксперимента, включая анализ, изучение свойств веществ, исследование химических реакций с их участием

### **Содержание разделов дисциплины:**

Метрологические основы химического анализа; типы химических реакций и процессов в аналитической химии; химические методы анализа

### ***Реализуемые компетенции:***

ОПК-1 – Способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений;

ОПК-2 – Способен проводить с соблюдением норм техники безопасности химический эксперимент, включая синтез, анализ, изучение структуры и свойств веществ и материалов, исследование процессов с их участием.

### ***Формы промежуточной аттестации:***

Очная форма обучения: Курс 2, Семестр 4 – экзамен

## Планируемые результаты обучения

Код и содержание компетенции	Степень реализации компетенции	Этапы формирования компетенции; Индикаторы сформированности компетенций <sup>1</sup> в реализуемой части
<p>ОПК-1 – Способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений</p>	<p>Компетенция реализуется частично в части «Способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений», связанных с химическим анализом веществ</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– метрологические основы химического анализа,</li> <li>– типы реакций и процессов в аналитической химии, их основные закономерности;</li> <li>– основные методы химического анализа (гравиметрические, титриметрические);</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– владеть методологией выбора оптимального метода анализа конкретного объекта и методикой его проведения</li> <li>– использовать современные аналитические методы исследования и аналитическую технику;</li> <li>– проводить анализ возможных погрешностей и избегать недочетов при проведении химического анализа</li> <li>– анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– проведением эксперимента химического анализа;</li> <li>– обработкой и представлением полученных результатов в виде отчетов</li> <li>– эксплуатировать современную аппаратуру химического анализа и оборудование для выполнения лабораторных работ, связанных с химическим анализом веществ.</li> <li>– проведением с соблюдением норм техники безопасности химического эксперимента, включая анализ, изучение свойств веществ, исследование химических реакций с их участием</li> </ul> <p><b>Индикаторы сформированности компетенций в реализуемой части:</b></p> <p>ОПК-1.1. «Систематизирует и анализирует результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений», в части, связанной с химическим анализом</p> <p>ОПК-1.2. «Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментов», связанных с химическим анализом</p> <p>ОПК-1.3. «Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных работ», связанных с химическим анализом</p>
<p>ОПК-2 – Способен проводить с соблюдением норм техники</p>	<p>Компетенция реализуется частично в части «Способен проводить с соблюдением норм</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– метрологические основы химического анализа,</li> <li>– основные методы химического анализа (гравиметрические, титриметрические);</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p>

<sup>1</sup> Для ФГОС ВО 3++

<p>безопасности химический эксперимент, включая синтез, анализ, изучение структуры и свойств веществ и материалов, исследование процессов с их участием</p>	<p>техники безопасности химический эксперимент, включая анализ, изучение свойств веществ, исследование химических реакций с их участием»</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– владеть методологией выбора оптимального метода анализа конкретного объекта и методикой его проведения</li> <li>– использовать современные аналитические методы исследования и аналитическую технику;</li> <li>– проводить анализ возможных погрешностей и избегать недочетов при проведении химического анализа</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– проведением эксперимента химического анализа с соблюдением норм техники безопасности, включая анализ, изучение свойств веществ, исследование химических реакций с их участием</li> <li>– обработкой полученных результатов;</li> <li>– эксплуатировать современную аппаратуру химического анализа и оборудование для выполнения лабораторных анализов.</li> </ul> <p><b>Индикаторы сформированности компетенций в реализуемой части:</b></p> <p><b>ОПК-2.1.</b> «Работает с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности</p> <p><b>ОПК-2.4.</b> «Проводит исследования свойств веществ и материалов с использованием серийного научного оборудования» методами химического анализа</p>
---	--	---

## ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН Самостоятельная работа

Содержание тем дисциплины	Кол-во часов	
	Очная	Заочная
<p><b>Введение.</b> Предмет аналитической химии, ее структура. Индивидуальность аналитической химии, ее место в системе наук, связь с практикой. Значение аналитической химии в науке, экономике и других сферах. Основные аналитические проблемы: снижение предела обнаружения; повышение точности и избирательности; обеспечение экспрессности; анализ без разрушения; локальный анализ; дистанционный анализ. Виды анализа: изотопный, элементный, структурно-групповой (функциональный), молекулярный, вещественный, фазовый. Химические, физические и биологические методы анализа. Макро-, микро- и ультрамикрoанализ. <i>Теоретические основы и приемы пробоподготовки.</i></p>	2	
<p>Основные этапы развития аналитической химии. Современное состояние и тенденции развития аналитической химии: инструментализация, автоматизация, математизация, миниатюризация, увеличение доли физических методов, переход к многокомпонентному анализу, создание сенсоров и тест-методов. Научная химико-аналитическая литература.</p>	2	
<p>Статистическая обработка результатов измерений. Закон нормального распределения случайных ошибок, t- и F-распределения. Среднее, дисперсия, стандартное отклонение.</p>	6	

<p><b>Типы химических реакций и процессов в аналитической химии.</b>          Основные типы химических реакций в аналитической химии: кислотно-основные, комплексообразования, окисления-восстановления. Используемые процессы: осаждение-растворение, экстракция, сорбция. Константы равновесия реакций и процессов. Состояние веществ в идеальных и реальных системах. Ионы. Сольватация, ионизация, диссоциация. Поведение электролитов и неэлектролитов в растворах. Теория Дебая - Хюккеля. Коэффициенты активности. Концентрационные константы. Описание сложных равновесий. Общая и равновесная концентрации. Условные константы.</p>	2	
<p>Графическое описание равновесий (распределительные и концентрационно-логарифмические диаграммы).</p>	6	
<p>Скорость реакций в химическом анализе. Быстрые и медленные реакции. Элементарные стадии реакции. Скорость определяющая стадия. Кинетические уравнения. Молекулярность и порядок реакций. Факторы, влияющие на скорость. Катализаторы, ингибиторы. Автокаталитические реакции. Индуцированные и сопряженные реакции. Индукционный фактор. Примеры ускорения и замедления реакций и процессов, используемых в химическом анализе. Управление реакциями и процессами в аналитической химии.</p>	2	
<p><b>Кислотно-основные реакции.</b> Современные представления о кислотах и основаниях. Теория Льюиса. Теория Бренстеда - Лоури. Равновесие в системе кислота - сопряженное основание и растворитель. Константы кислотности и основности. Кислотные и основные свойства растворителей. Константа автопротолиза. Влияние природы растворителя на силу кислоты и основания. Нивелирующий и дифференцирующий эффект растворителя. Кислотно-основное равновесие в многокомпонентных системах. <b>Основные закономерности равновесий и протекания кислотно-основных реакций.</b> Буферные растворы и их свойства. Буферная емкость. Вычисления pH растворов незаряженных и заряженных кислот и оснований, многоосновных кислот и оснований, смеси кислот и оснований.</p>	8	
<p><b>Реакции комплексообразования.</b> Типы комплексных соединений, используемых в аналитической химии. Классификация комплексных соединений по характеру взаимодействия металл-лиганд, по однородности лиганда и центрального иона (комплексообразователя): внутрисферные комплексы и ионные ассоциаты (внешнесферные комплексы и ионные пары), однороднолигандные и смешанолигандные, полиядерные (гетерополиядерные и гомополиядерные). Классификация комплексных соединений по термодинамической и кинетической устойчивости. Свойства комплексных соединений, имеющие аналитическое значение: устойчивость, растворимость, окраска, летучесть.</p>	4	
<p>Теоретические основы взаимодействия органических реагентов с неорганическими ионами. Функционально-аналитические группы. Влияние их природы, расположения, стереохимии молекул реагента на его взаимодействие с неорганическими ионами. Влияние общей структуры органических реагентов на их свойства, роль различных функциональных групп.</p>	2	
<p>Теория аналогий взаимодействия ионов металлов с неорганическими реагентами типа H<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub> и H<sub>2</sub>S и кислород-, азот-, серосодержащими органическими реагентами. Основные типы соединений, образуемых с участием органических реагентов. Хелаты, внутрикомплексные соединения. Факторы, определяющие устойчивость хелатов: природа донорных атомов и структура реагента, размер цикла, число циклов, характер связи металл-лиганд.</p>	2	
<p>Важнейшие органические реагенты, применяемые в анализе для разделения, обнаружения, определения ионов металлов, для маскирования и демаскирования. Взаимодействие органических реагентов с органическими веществами: комплексы "гость-хозяин"; комплексы с переносом заряда; π-комплексы. Органические реагенты для органического анализа. Возможности использования комплексных соединений и органических реагентов в различных методах анализа.</p>	2	

<p><b>Окислительно-восстановительные реакции.</b> Электродный потенциал. Уравнение Нернста. Стандартный и формальный потенциалы. Связь константы равновесия со стандартными потенциалами. Направление реакции окисления и восстановления. Факторы, влияющие на направление окислительно-восстановительных реакций. Понятие о смешанных потенциалах. Механизмы окислительно-восстановительных реакций. <b>Основные закономерности равновесий и протекания окислительно-восстановительных реакций.</b> Основные неорганические и органические окислители и восстановители, применяемые в анализе. Методы предварительного окисления и восстановления определяемого элемента.</p>	2	
<p><b>Гравиметрический метод анализа.</b> Сущность гравиметрического анализа, преимущества и недостатки метода. Прямые и косвенные методы определения. Важнейшие органические и неорганические осадители. Погрешности в гравиметрическом анализе. Общая схема определений. Требования к осаждаемой и гравиметрической формам. Изменения состава осадка при высушивании и прокаливании. Термогравиметрический анализ. Аналитические весы. Чувствительность весов и ее математическое выражение. Факторы, влияющие на точность взвешивания. Техника взвешивания. Примеры практического применения.</p>	2	
<p><b>Титриметрические методы анализа</b> Методы титриметрического анализа. Классификация. Требования, предъявляемые к реакции в титриметрическом анализе. Виды титриметрических определений: прямое и обратное, косвенное титрование. Способы выражения концентраций растворов в титриметрии. Эквивалент. Молярная масса эквивалента. Первичные стандарты, требования к ним. Фиксаналы. Вторичные стандарты. Виды кривых титрования. Скачок титрования. Точка эквивалентности и конечная точка титрования. Автоматические титраторы.</p>	2	
<p><b>Кислотно-основное титрование.</b> Построение кривых титрования. Влияние величины констант кислотности или основности, концентрации кислот или оснований, температуры на характер кривых титрования. Кислотно-основное титрование в неводных средах. Кислотно-основные индикаторы. Погрешности титрования при определении сильных и слабых кислот и оснований, многоосновных кислот и оснований. Примеры практического применения.</p>	2	
<p><b>Окислительно-восстановительное титрование.</b> Построение кривых титрования. Факторы, влияющие на характер кривых титрования: концентрация ионов водорода, комплексообразование, ионная сила. Способы определения конечной точки титрования; индикаторы. Погрешности титрования. Методы окислительно-восстановительного титрования. Перманганатометрия. Иодометрия и иодиметрия. Система иод-иодид как окислитель или восстановитель. Бихроматометрия.</p>	2	
<p><b>Осадительное титрование.</b> Построение кривых титрования. Способы обнаружения конечной точки титрования; индикаторы. Погрешности титрования. Примеры практического применения.</p>	2	
<p><b>Комплексометрическое титрование.</b> Неорганические и органические титранты в комплексометрии. Использование аминокислот в комплексометрии. Построение кривых титрования. Металлохромные индикаторы и требования, предъявляемые к ним. Важнейшие универсальные и специфические металлохромные индикаторы. Способы комплексометрического титрования: прямое, обратное, косвенное. Селективность титрования и способы ее повышения. Погрешности титрования. Примеры практического применения. Определение кальция, магния, железа, алюминия, меди, цинка в растворах чистых солей и при совместном присутствии.</p>		
<p><b>Другие титриметрические методы анализа.</b> Термометрическое, радиометрическое титрование. Сущность методов.</p>	2	
<b>ИТОГО</b>	54	

**Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины «Аналитическая химия», и видов занятий с учетом форм контроля**

Перечень компетенций	Виды занятий и оценочные средства <sup>2</sup>				Формы текущего контроля
	ЛР	ПР	СР	к/р	
ОПК-1	+	-	+	+	Отчет по лабораторной работе Защита лабораторной работы Выполнение контрольной работы
ПК-2	+	-	+	+	Отчет по лабораторной работе Защита лабораторной работы Выполнение контрольной работы

**СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

*Основная литература*

№ п/п	Библиографическое описание (название литературного источника)	Наличие		
		Электронно-библиотечная система (ЭБС)	Библиотека МГТУ (печатное издание)	Количество экземпляров печатного издания
1.	<b>Основы аналитической химии</b> : учебник для вузов. В 2 кн. Кн. 1. Общие вопросы. Методы разделения / Ю. А. Золотов, Е. Н. Дорохова, В. И. Фадеева [и др.] ; под ред. Ю. А. Золотова. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Высш. шк., 1999. - 351 с.	-	+	97
2.	<b>Основы аналитической химии</b> : учебник для вузов : В 2 кн. Кн. 2. Методы химического анализа / Ю. А. Золотов, Е. Н. Дорохова, В. И. Фадеева и др. ; Под ред. Ю. А. Золотова. - Москва : Высш. шк., 1996. - 461 с.	-	+	9
3.	Аналитическая химия : учеб. для вузов. В 2 кн. Кн. 1. Титриметрические и гравиметрический методы анализа / В. П. Васильев. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Дрофа, 2002. - 368 с.	-	+	47
4.	Аналитическая химия : учебник для вузов. В 2 кн. Кн. 2. Физико-химические методы анализа / В. П. Васильев. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Дрофа, 2003, 2002. - 384 с.	-	+	47
5.	Практикум по аналитической химии : учеб. пособие для вузов. [В 2 ч.]. Ч. 1. Классические методы количественного анализа / С. Р. Деркач; Гос. ком. РФ по рыболовству, Мурман. гос. техн. ун-т. - Мурманск : Изд-во МГТУ, 2008 ; 2007. - 122 с.	-	+	370
6.	Аналитическая химия: сборник вопросов, упражнений и задач : учеб. пособие для вузов / В. П. Васильев, Л. А. Кочергина, Т. Д. Орлова; под ред. В. П. Васильева. - 3-е изд., стер. ; 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Дрофа, 2004, 2003. - 320 с.	-	+	194

*Дополнительная литература*

<sup>2</sup> Оценочные средства указываются в соответствии с учебным планом



№ п\п	Библиографическое описание (название литературного источника)	Наличие		
		Электронно-библиотечная система (ЭБС)	Библиотека МГТУ (печатное издание)	Количество экземпляров печатного издания
7.	Дорохова, Е. Н. Задачи и вопросы по аналитической химии / Е. Н. Дорохова, Г. В. Прохорова. - Москва : Мир, 2001. - 267 с.	-	+	74
8.	Толстоусов, В. Н. Задачник по количественному анализу : учеб. пособие для вузов / В. Н. Толстоусов, С. М. Эфрос. - Ленинград : Химия, 1986. - 160 с.	-	+	9
9.	Лурье, Ю. Ю. Справочник по аналитической химии / Ю. Ю. Лурье. - 6-е изд., перераб. и доп. - Москва : Химия, 1989. - 448 с.	-	+	15

**Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»,  
необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

Материалы, находящиеся в свободном доступе на следующих сайтах:

<http://www.wssanalytchem.org/default.aspx>

<http://anchem.ru/>

<http://chemexpress.fatal.ru>

<http://www.xumuk.ru>

<http://www.chemport.ru>

<http://djvu-inf.narod.ru/nclib.htm>

**СОДЕРЖАНИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Тема: Аналитическая химия. Введение**

Предмет аналитической химии, ее структура. Индивидуальность аналитической химии, ее место в системе наук, связь с практикой.

**Требования к уровню освоения содержания темы**

**Изучив данную тему, студент должен:**

- **знать:**
  - определение аналитической химии
  - классификацию методов аналитической химии
  - основные проблемы аналитической химии
  - востребованность аналитической химии в биологии

**Порядок и методические указания по изучению темы:**

**При изучении темы необходимо:**

- Изучить материалы учебников (учебных пособий)
- Ответить на вопросы для самоконтроля по теме.

*Вопросы для самоконтроля:*

1. Что такое аналитическая наука?
2. Что изучает аналитическая химия?
3. Что называется химическим анализом?
4. Что называется методом анализа?

5. Что называется методикой анализа?
6. Основная классификация современных методов аналитической химии.
7. Дайте определение инструментальных методов анализа.

**Тема: Метрология**

Метрология химического анализа. Абсолютные (безэталоные) и относительные методы анализа. Основные метрологические понятия и представления: измерение, методы и средства измерений, метрологические требования к результатам измерений, основные принципы и способы обеспечения достоверности результатов измерений, погрешности.

**Требования к уровню освоения содержания темы**

**Изучив данную тему, студент должен:**

- **знать:**
  - смысл погрешностей аналитического анализа
  - методы повышения точности химического анализа
  - основные характеристики систематических и случайных погрешностей
- **уметь:**
  - рассчитывать среднее значение и доверительный интервал измеряемой величины
  - рассчитывать погрешность измерения
  - определять промахи – грубые ошибки при проведении эксперимента

**Порядок и методические указания по изучению темы:**

**При изучении темы необходимо:**

- Изучить материалы учебников (учебных пособий)
- Ответить на вопросы для самоконтроля по теме.

*Вопросы для самоконтроля:*

1. Смысл понятия «точность химического анализа»?
2. Что характеризует правильность химического анализа?
3. О чем свидетельствует близость результатов параллельных определений компонента?
4. Чем отличаются понятия «сходимость» и «воспроизводимость»?
5. Как проверить правильность результатов химического анализа?
6. Как повысить точность метода или методики?
7. Что такое «промах»?
8. Как выявить наличие «промаха»?
9. Что называют погрешностью химического анализа?
10. Перечислите основные признаки систематических погрешностей.
11. Приведите примеры источника систематических погрешностей.
12. Имеет ли знак абсолютная и относительная погрешность химического анализа?
13. Что такое «контрольный опыт»?
14. Приведите примеры систематических погрешностей, которые можно вычислить а priori.
15. Что должен сделать экспериментатор перед применением математической статистики для обработки данных химического анализа?
16. Что обозначают приемы «релятивизации» и «рандомизации» данных химического анализа?
17. Дайте определение генеральной и выборочной совокупности данных.
18. Когда химик-аналитик может считать, что имеет генеральную совокупность результатов?
19. Какому роду распределения подчиняются обычно данные химического анализа?
20. Назовите постоянные параметры нормального распределения случайной величины.
21. Что характеризует дисперсия, стандартное отклонение и относительное стандартное отклонение выборочной совокупности результатов химического анализа? Приведите формулы для расчета этих величин.
22. Как сравнить по воспроизводимости две выборочные совокупности результатов химического анализа?

23. Как доказать, что результаты двух выборочных совокупностей принадлежат одной и той же генеральной совокупности данных химического анализа?
24. Изложите суть метода наименьших квадратов.
25. Дайте определение понятия «аналитический сигнал».
26. Чем определяется интервал определяемых концентраций или количеств?
27. Дайте определение «предела обнаружения».
28. Что характеризует понятие «предел обнаружения»?
29. Как рассчитать «предел обнаружения»?
30. Что такое нижняя граница определяемых количеств или концентраций?
31. Чем определяются нижняя и верхняя границы определяемых количеств или концентраций?

### **Тема: Типы химических реакций и процессов в аналитической химии**

Основные типы химических реакций в аналитической химии: кислотно-основные, комплексообразования, окисления-восстановления. Используемые процессы: осаждение-растворение, экстракция, сорбция. Константы равновесия реакций и процессов. Состояние веществ в идеальных и реальных системах. Ионы. Сольватация, ионизация, диссоциация. Поведение электролитов и неэлектролитов в растворах. Теория Дебая - Хюккеля. Коэффициенты активности. Концентрационные константы. Описание сложных равновесий. Общая и равновесная концентрации. Условные константы. Графическое описание равновесий (распределительные и концентрационно-логарифмические диаграммы).

### ***Вопросы для самоконтроля***

1. Какие растворы называют идеальными? В каких условиях реальные растворы можно считать идеальными?
2. Назовите основные причины отклонения реальных растворов от идеальных.
3. Напишите выражения термодинамической, реальной и условной констант равновесия. Какие факторы влияют на их величины?
4. Как связаны между собой термодинамическая, реальная и условная константы равновесия?
5. напишите схемы химических равновесий, существующих в водных растворах: а)  $\text{FeCl}_3$ ; б)  $\text{CO}_2$ ; в)  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ; г) насыщенном водном растворе  $\text{BaSO}_4$ .
6. Что такое активность? Как связаны активность ионов и их равновесная концентрация?
7. Что такое коэффициент активности? Что характеризует коэффициент активности?
8. В каких пределах могут изменяться коэффициенты активности? В каких случаях они могут быть больше единицы?
9. Почему нельзя экспериментально найти коэффициенты активности индивидуальных ионов?
10. Как связаны индивидуальные коэффициенты активности со средним коэффициентом активности электролита?
11. Как влияет заряд иона на величину коэффициента активности?
12. Что такое ионная сила раствора? Какова природа ионной силы и ее размерность?
13. Составьте уравнения для расчета ионной силы в водных растворах: а)  $\text{HNO}_3 + \text{NaNO}_3$ ; б)  $\text{MgSO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_4$ ; в)  $\text{FeCl}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4$ ; г)  $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2 + \text{NH}_4\text{NO}_3$ .
14. Для какой из написанных ниже реакций константа равновесия зависит от ионной силы раствора в наибольшей степени, а для какой – в наименьшей: а)  
 $\text{Cu}^{2+} + 4\text{NH}_3 \leftrightarrow \text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+}$ ; б)  $\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} \leftrightarrow \text{BaSO}_4$ ; в)  $\text{Cu}^{2+} + \text{Cl}^- \leftrightarrow \text{CuCl}^+$ ; г)  $\text{Al}^{3+} + \text{F}^- \leftrightarrow \text{AlF}^{2+}$
15. Составьте уравнение, связывающее ионную силу раствора электролита  $(\text{Kt}^{n+})_m(\text{An}^{m-})_n$  с его концентрацией.
16. Напишите выражения для реальных констант следующих равновесий: а)  
 $\text{HCOOH} \leftrightarrow \text{HCOO}^- + \text{H}^+$ ; б)  $\text{NH}_4^+ \leftrightarrow \text{NH}_3 + \text{H}^+$ ; в)  $\text{AgCl}_{\text{тв}} \leftrightarrow \text{Ag}^+ + \text{Cl}^-$
17. В чем суть условия материального баланса?

18. Составьте уравнения материального баланса по атомам никеля и аммиаку в водном растворе, содержащем частицы  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Ni}(\text{NH}_3)^{2+}$ ,  $\text{Ni}(\text{NH}_3)_2^{2+}$ ,  $\text{Ni}(\text{NH}_3)_3^{2+}$ ,  $\text{Ni}(\text{NH}_3)_4^{2+}$ ,  $\text{Ni}(\text{NH}_3)_5^{2+}$ ,  $\text{Ni}(\text{NH}_3)_6^{2+}$ ,  $\text{Ni}(\text{OH})^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{OH}^-$ .
19. Составьте уравнения материального баланса по атомам алюминия и фтора в водном растворе, содержащем частицы  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{AlF}^{2+}$ ,  $\text{AlF}_2^+$ ,  $\text{AlF}_3$ ,  $\text{AlF}_4^-$ ,  $\text{AlF}_5^{2-}$ ,  $\text{AlF}_6^{3-}$ ,  $\text{Al}(\text{OH})^{2+}$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{HF}_2^-$ ,  $\text{Al}(\text{OH})\text{F}^+$ ,  $\text{Al}(\text{OH})\text{F}_2$ .
20. Что такое  $\alpha$ -коэффициент (молярная доля)? В каких пределах могут изменяться величины  $\alpha$ -коэффициента?
21. Как связан  $\alpha$ -коэффициент с коэффициентом конкурирующих реакций?
22. Напишите выражение молярной доли иода в виде  $\text{I}_3^-$  через равновесные концентрации частиц:  $\text{I}_2$ ,  $\text{I}^-$  и  $\text{I}_3^-$ .
23. Напишите выражение молярной доли этанола в виде тримера  $(\text{ROH})_3$  в растворе  $\text{CCl}_4$  через равновесные концентрации частиц:  $\text{ROH}$ ,  $(\text{ROH})_2$ ,  $(\text{ROH})_3$ , и  $(\text{ROH})_4$ .
24. В чем суть условия электронейтральности?
25. Составьте уравнения электронейтральности для водных растворов: а)  $\text{FeCl}_3 + \text{HCl}$  с учетом образования частиц  $\text{FeCl}^{2+}$ ,  $\text{FeCl}_2^+$ , и  $\text{FeCl}_3$ ; б) концентрированной соляной кислоты; в)  $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3\text{COONa}$ ; г)  $\text{CuSO}_4 + \text{NH}_3$  с учетом образования комплексов и  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ; д)  $\text{FeCl}_3 + \text{KSCN}$  в солянокислой среде.
26. Назовите координаты характеристических точек на: а) распределительной; б) концентрационно-логарифмической диаграмме  $\text{HA}$ ,  $\text{H}_2\text{A}$ ,  $\text{H}_3\text{A}$ .
27. Как влияет сила кислоты на вид распределительной и концентрационно-логарифмической диаграммы?
28. Как влияет концентрация кислоты на вид распределительной и концентрационно-логарифмической диаграммы?
29. Как изменится вид распределительной диаграммы слабой кислоты  $\text{HA}$  при замене данного растворителя на растворитель с более выраженными: а) кислотными свойствами; б) основными свойствами?

### **Тема: Кисотно-основные реакции**

Современные представления о кислотах и основаниях. Теория Льюиса. Теория Бренстеда - Лоури. Равновесие в системе кислота - сопряженное основание и растворитель. Константы кислотности и основности. Кислотные и основные свойства растворителей. Константа автопротолиза. Влияние природы растворителя на силу кислоты и основания. Нивелирующий и дифференцирующий эффект растворителя. Кисотно-основное равновесие в многокомпонентных системах. Буферные растворы и их свойства. Буферная емкость. Вычисления рН растворов незаряженных и заряженных кислот и оснований, многоосновных кислот и оснований, смеси кислот и оснований.

### ***Вопросы для самоконтроля***

1. Какие соединения являются в водном растворе кислотами, а какие основаниями с точки зрения протолитической теории Бренстеда-Лоури:  $\text{HClO}_4$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HS}^-$ ,  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{HCOO}^-$ ,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{H}_2\text{F}_2$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ?
2. Что такое амфолит? Укажите, какие из приведенных соединений являются амфолитами:  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{HF}_2^-$ ,  $\text{CH}_3\text{NH}_2$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ,  $\text{HOOCCH}_2\text{CH}_2\text{COO}^-$ ?
3. Дайте определение кислотно-основной реакции и сопряженной кислотно-основной пары.
4. Чем характеризуется сила кислоты и основания?
5. Как классифицируются растворители по своей способности отдавать и принимать протоны?
6. Какая реакция называется реакцией автопротолиза? Примеры.
7. напишите реакции автопротолиза безводной азотной, уксусной кислот, жидкого аммиака, этилендиамина, н-бутанола.

8. Какая связь между константой кислотности и константой основности сопряженной пары кислота-основание и константой автопротолиза растворителя?
9. От каких факторов зависит поведение кислот и оснований в неводных растворителях?
10. Как влияет диэлектрическая проницаемость растворителя на константы диссоциации кислот и оснований?
11. Назовите самую сильную кислоту и основание в воде, жидком аммиаке, в безводной серной кислоте, а этаноле.
12. В каком из растворителей:  $\text{HNO}_3$  ( $pK_{SH}=2.6$ ),  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ( $pK_{SH}=3.6$ ),  $\text{CH}_3\text{COOH}$  ( $pK_{SH}=14.4$ ),  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  ( $pK_{SH}=19.0$ ) при одинаковой концентрации ионов лиония  $p\text{SH}_2^+$ , равной 7.0, среда будет нейтральной, кислой или щелочной?
13. Что такое нивелирующий и дифференцирующий эффекты растворителя? Какой эффект наблюдается в протонных растворителях?
14. Почему в апротонных растворителях нивелирующий эффект отсутствует?
15. Как готовят буферные растворы? Чем определяется буферное действие этого раствора?
16. Дайте определение буферной емкости. Какие факторы влияют на буферную емкость?
17. В каком интервале pH наблюдается действие буферного раствора?
18. Как изменяется pH буферного раствора при разбавлении?
19. Чем объясняется буферное действие амфолитов?
20. При каком значении pH буферная емкость раствора максимальна?

### **Тема: Реакции комплексообразования**

Типы комплексных соединений, используемых в аналитической химии. Классификация комплексных соединений по характеру взаимодействия металл-лиганд, по однородности лиганда и центрального иона (комплексообразователя): внутрисферные комплексы и ионные ассоциаты (внешнесферные комплексы и ионные пары), однороднолигандные и смешанолигандные, полиядерные (гетерополиядерные и гомополиядерные).

### ***Вопросы для самоконтроля***

1. Назовите основные признаки комплексного соединения.
2. Что такое координационное число? Чем определяются максимальное и характеристическое координационные числа? Приведите примеры.
3. Чем определяется дентантность лиганда? Ответ поясните примерами.
4. На каких принципах может быть основана классификация комплексных соединений?
5. Назовите основные типы комплексных соединений. Приведите примеры.
6. Что такое ионный ассоциат? Приведите примеры.
7. Приведите примеры внутри- и внешнесферных комплексных соединений.
8. Приведите примеры однородно- и смешанолигандных комплексных соединений.
9. Что такое полиядерные комплексные соединения? Приведите примеры гомо- и гетерополиядерных комплексов.
10. Чем отличаются ступенчатые и общие константы устойчивости комплексных соединений? Ответ поясните примерами.
11. Напишите выражения для  $k_3$  и  $\beta_5$  и уравнения реакций образования соответствующих комплексов в системе железо (III) – фторид-ион.
12. Напишите выражения для  $k_4$  и  $\beta_3$  и соответствующие равновесия при образовании комплекса  $\text{Fe}(\text{SCN})_6^{3-}$ .
13. Назовите факторы, влияющие на устойчивость комплексных соединений. Ответ поясните примерами.
14. Какие комплексы относятся к лабильным, а какие к инертным? Приведите примеры.
15. Что такое хелат? В чем проявляется хелатный эффект? Ответ поясните примерами.
16. Какие соединения называются внутрикомплексными? Приведите примеры.

17. Назовите основные факторы, определяющие реакционную способность органического реагента. Ответ поясните примерами.
18. Чем объясняется окраска комплексов переходных металлов с неокрашенными лигандами?
19. Как можно повысить растворимость органических реагентов?
20. Какие группы металлов преимущественно взаимодействуют с кислород-, азот- и серосодержащими органическими реагентами. Приведите примеры.
21. Какие свойства комплексных соединений имеют наибольшее значение для обнаружения и разделения ионов?
22. Приведите примеры практического использования реакций комплексообразования для разделения катионов.
23. Приведите примеры использования реакций комплексообразования для маскирования мешающих ионов при определении ионов никеля, кобальта, меди, кадмия.
24. Приведите примеры использования реакций комплексных соединений для определения элементов.

### **Тема: Окислительно-восстановительные реакции**

Электродный потенциал. Уравнение Нернста. Стандартный и формальный потенциалы. Связь константы равновесия со стандартными потенциалами. Направление реакции окисления и восстановления. Факторы, влияющие на направление окислительно-восстановительных реакций. Влияние химических факторов на потенциал. Механизмы окислительно-восстановительных реакций.

### ***Вопросы для самоконтроля***

1. Напишите уравнение Нернста и поясните значения всех входящих в него величин.
2. Что такое обратимая окислительно-восстановительная система?
3. Что такое стандартный потенциал окислительно-восстановительной полуреакции?
4. Какие факторы влияют на величину стандартного потенциала?
5. Что такое реальный потенциал окислительно-восстановительной полуреакции?
6. Какие факторы влияют на величину реального потенциала?
7. Сформулируйте правила записи гальванического элемента.
8. Почему для оценки окислительно-восстановительного равновесия обычно используют значения потенциалов, а не констант равновесия?
9. Выведите формулу для расчета константы равновесия реакции окисления-восстановления.
10. Как определить направление протекания реакции окисления-восстановления и полноту ее протекания ?
11. Как ускорить медленные окислительно-восстановительные реакции ?
12. Что такое индуцированные реакции ? Приведите примеры.
13. Чем отличаются индуцированные цепные реакции от индуцированных сопряженных ?
14. Чем индуктор отличается от катализатора ?
15. Выведите выражение для стандартного потенциала системы цианидных комплексов железа  $\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}/\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$ , исходя из стандартного потенциала пары Fe(III)/Fe(II).
16. Выведите выражение для реального потенциала системы салицилатных комплексов железа  $\text{FeL}_3^{3-}/\text{FeL}_2^{2-}$ , исходя из стандартного потенциала пары Fe(III)/Fe(II).
17. Почему восстановление с помощью серебряного редуктора целесообразно проводить в среде  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ?
18. В каком случае и почему восстановительная способность железа (II) будет выше: в среде 1 М  $\text{H}_2\text{SO}_4$  или 1 М  $\text{H}_3\text{PO}_4$  ?
19. В каком случае и почему восстановительная способность серебра будет выше: в среде 1 М KCN или 1 М  $\text{NH}_3$  ?
20. Как и почему изменяется восстановительная способность железа (II) в присутствии соляной кислоты при увеличении ее концентрации ?

21. Напишите окислительно-восстановительные полуреакции, потенциалы которых ограничивают возможность хранения водных растворов сильных окислителей и восстановителей.

### Тема: Процессы осаждения и соосаждения

Равновесие в системе раствор - осадок. Осадки и их свойства. Схема образования осадка. Кристаллические и аморфные осадки. Зависимость структуры осадка от его индивидуальных свойств (растворимости, полярности молекул) и условий осаждения (концентрации осаждаемого иона и осадителя, солевого состава раствора и pH, температуры). Зависимость формы осадка от скорости образования первичных частиц их роста. Факторы, влияющие на растворимость осадков: температура, ионная сила, действие одноименного иона, реакции протонизации, комплексообразования, окисления-восстановления, структура и размер частиц.

Условия получения кристаллических осадков. Гомогенное осаждение. Старение осадка (превращение метастабильной кристаллической модификации в более устойчивую форму; химическое старение в результате изменения состава осадка - дегидратации-гидратации, поликонденсации). Причины загрязнения осадка (совместное осаждение, соосаждение, последующее осаждение). Классификация различных видов соосаждения (адсорбция; окклюзия: внутренняя адсорбция, инклюзия; изоморфизм и др.). Положительное и отрицательное значение явления соосаждения в анализе. Особенности образования коллоидно-дисперсных систем. Использование коллоидных систем в химическом анализе

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Как связаны термодинамическое ( $K_s^0$ ), реальное ( $K_s$ ) и условное ( $K_s'$ ) произведения растворимости ?
2. Какие факторы влияют на растворимость осадков ? Ответ мотивируйте формулами.
3. Укажите последовательность выпадения иодидов при добавлении KI в эквимолярной смеси нитратов свинца и висмута, содержащей по 0.1 М солей.  $K_{s,PbI_2}^0 = 1.1 \cdot 10^{-9}$ ;  $K_{s,BiI_3}^0 = 8.0 \cdot 10^{-19}$ .
4. Изобразите на одном рисунке влияние концентрации ионов  $Ag^+$  и  $Cl^-$  на растворимость AgCl. Ответ мотивируйте формулами.
5. Какой осадок более растворим:  $AgIO_3$  или  $La(IO_3)_3$  ?  $K_{s,AgIO_3}^0 = 3.0 \cdot 10^{-8}$ ;  $K_{s,La(IO_3)_3}^0 = 6.2 \cdot 10^{-12}$ .
6. Сформулируйте условия образования и растворения осадков. Ответ мотивируйте формулами.
7. Что такое ионная ( $s$ ) и молекулярная ( $s_0$ ) растворимость ? Какие факторы влияют на величину  $s$  и  $s_0$  ?
8. Как влияет присутствие одноименного иона на ионную и молекулярную растворимость ? Ответ мотивируйте формулами.
9. Почему при выделении осадка следует избегать большого избытка осадителя ? Ответ мотивируйте формулами.
10. Как связаны растворимость и произведение растворимости ? Приведите вывод соответствующих формул.
11. Повысится или понизится растворимость AgI в присутствии: а) 0.1 М NaI; б) 0.1 М  $NaNO_3$ ? Ответ мотивируйте формулами.
12. Растворимость каких соединений зависит от кислотности раствора и почему:  $Mg(OH)_2$ ,  $CaCO_3$ ,  $ZnS$ ,  $BaSO_4$ ,  $AgCl$  ? Ответ мотивируйте формулами.
13. Как влияет на растворимость малорастворимых электролитов введение в их раствор посторонних сильных электролитов ? Ответ мотивируйте формулами.
14. От каких факторов зависит растворимость малорастворимых солей слабых кислот ? Сформулируйте условия растворения таких осадков.
15. Как меняется растворимость малорастворимых электролитов при введении в их раствор сильных электролитов с одноименным ионом ? Ответ мотивируйте формулами.
16. Выведите формулу для расчета растворимости соединения  $A_mB_n$ .

17. Каковы причины растворимости малорастворимых соединений в кислотах и щелочах ?  
Ответ мотивируйте формулами.
18. Соединения  $\text{CoCO}_3$  и  $\text{Mn}(\text{OH})_2$  имеют близкие значения произведения растворимости. Одинакова ли их растворимость ?
19. При какой величине pH раствора (3.0, 5.0, 7.0, 9.0) растворимость  $\text{ZnS}$  будет максимальна (минимальна) ?
20. В каком растворе осаждение ионов бария дихроматом будет наиболее полным: а) 0.2 М  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ; б) 0.2 М  $\text{HCl}$ ; в) 0.2 М  $\text{CH}_3\text{COONa}$  ?
21. Какое значение pH раствора (7.0 или 10.0) обеспечивает лучшую растворимость  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  ?
22. Произведение растворимости  $\text{BaCrO}_4$  на четыре порядка выше соответствующей константы для  $\text{PbCrO}_4$ . Почему хромат бария, в отличие от хромата свинца, не растворяется в гидроксиде натрия ?
23. В каком растворе растворимость  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  наибольшая (наименьшая): а)  $\text{H}_2\text{O}$ ; б) 0.1 М  $\text{NH}_3$ ; в) 0.1 М  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ; г) 0.1 М  $\text{HCl}$  ?
24. Величины произведения растворимости  $\text{CaC}_2\text{O}_4$  и  $\text{CaCO}_3$  близки между собой. Почему первое соединение, в отличие от второго, не растворяется в разбавленной уксусной кислоте ?

### **Тема: Методы выделения, разделения и концентрирования**

Основные методы разделения и концентрирования, их роль в химическом анализе, выбор и оценка. Сочетание методов разделения и концентрирования с методами определения; гибридные методы. Разделение сопоставимых количеств элементов и отделение малых количеств от больших. Одноступенчатые и многоступенчатые процессы разделения. Константы распределения. Коэффициент распределения. Степень извлечения. Фактор разделения. Коэффициент концентрирования.

### ***Вопросы для самоконтроля***

1. Сформулируйте условия экстракции веществ.
2. Назовите основные типы экстрагирующихся веществ.
3. Дайте определение следующих понятий: экстракция, экстрагент, разбавитель, экстракт.
4. Дайте определение понятию коэффициент разделения. Укажите условия разделения двух веществ А и В, если объемы фаз равны.
5. Дайте определение понятию степень извлечения. Каким образом степень извлечения связана с коэффициентом распределения ?
6. Сформулируйте закон распределения. При каком условии константа распределения численно равна коэффициенту распределения ?
7. Как можно повысить степень извлечения вещества экстракционным методом ?
8. Напишите химическую реакцию, описывающую процесс экстракции  $\text{Me}^{2+}$  в форме хелата  $\text{MeL}_2$  реагентом  $\text{HL}$ , находящимся в органической фазе, и соответствующее ему выражение для константы экстракции.
9. Зависит ли величина коэффициента распределения (D) хелата  $\text{MeL}_m$  от pH среды и какая между ними связь ?
10. Ионы М (I) экстрагируются раствором реагента  $\text{HA}$  в органическом растворителе в виде комплекса  $\text{MA}$ . Выведите формулу, показывающую, как связана константа экстракции комплекса с его константой устойчивости ( $\beta_1$ ), константой кислотной диссоциации реагента ( $K_{a,\text{HA}}$ ) и константами распределения комплекса ( $K_{D,\text{MA}}$ ) и реагента ( $K_{D,\text{HA}}$ ).
11. Ионы  $\text{Fe}(\text{II})$  в присутствии 1,10-фенантролина (Phen) и  $\text{NaClO}_4$  экстрагируются из водных растворов хлороформом в виде комплекса  $\text{Fe}(\text{Phen})_3 \cdot (\text{ClO}_4)_2$ . Напишите уравнение реакции и выражение для константы экстракции. Изобразите графически зависимость  $\lg D - \lg [\text{ClO}_4^-]$  при постоянной концентрации 1,10-фенантролина. Какую информацию можно получить из этой зависимости ?



12. Ионы  $\text{Ca(II)}$  экстрагируются раствором  $\beta$ -изопропилтрополон (HL) в хлороформе в виде комплекса  $\text{CaL}_2 \cdot \text{HL}$ . Напишите уравнение реакции и выражение для константы экстракции. Изобразите графически зависимость  $\lg D - \text{pH}$  при постоянной концентрации HL. Какую информацию можно получить из этой зависимости ?
13. Ионы  $\text{Ni(II)}$  количественно экстрагируются хлороформом из водного раствора, насыщенного диметилглиоксимом ( $\text{H}_2\text{L}$ ). Напишите уравнение реакции и выражение для константы экстракции. Изобразите графически зависимость  $\lg D - \text{pH}$  при постоянной концентрации  $\text{H}_2\text{L}$ . Какую информацию можно получить из этой зависимости ?
14. Ионы  $\text{Co(II)}$  экстрагируются раствором 8-оксихинолина ( $\text{HOx}$ ) в хлороформе в виде комплекса  $\text{Co(Ox)}_2(\text{HOx})_2$ . Напишите уравнение реакции и выражение для константы экстракции. Изобразите графически зависимость  $\lg D - \lg [\text{HOx}]$  при постоянном pH. Какую информацию можно получить из этой зависимости ?

### Тема: Гравиметрический метод анализа

Сущность гравиметрического анализа, преимущества и недостатки метода. Прямые и косвенные методы определения. Важнейшие органические и неорганические осадители. Погрешности в гравиметрическом анализе. Общая схема определений. Требования к осаждаемой и гравиметрической формам. Изменения состава осадка при высушивании и прокаливании.

### *Вопросы для самоконтроля*

1. Когда осаждение считают практически полным ? Как добиться полноты осаждения ? Какие потери осадка допустимы в гравиметрии ?
2. Назовите и обоснуйте требования к осаждаемой и гравиметрической формам.
3. Как влияет на растворимость осадка избыток осадителя ? Всегда ли при осаждении применяют полутора кратный избыток осадителя ? Ответ иллюстрируйте соответствующими формулами, графиками.
4. Почему при выделении осадка следует избегать большого избытка осадителя ?
5. От каких факторов зависит pH полного осаждения малорастворимых соединений слабых кислот ? Ответ иллюстрируйте соответствующими формулами.
6. Чем объясняется влияние pH на полноту осаждения малорастворимого соединения ? В каких случаях это влияние существенно, а в каких практически не сказывается ?
7. Как зависит pH полного осаждения гидроксида металла от его произведения растворимости?
8. Что такое перенасыщение, относительное перенасыщение ? Как влияет относительное перенасыщение на форму осадка ? Ответ иллюстрируйте соответствующими формулами и рисунками.
9. Объясните, от каких факторов зависит, будет ли осадок кристаллическим или аморфным. Приведите примеры.
10. Какие процессы происходят во время старения осадка ? Почему старение кристаллических осадков выгодно для анализа ? Ответ мотивируйте.
11. Какой процесс называется оствальдским созреванием ?
12. Охарактеризуйте виды загрязнения осадка.
13. Чем отличается соосаждение от совместного осаждения ? Почему в гравиметрии приходится предупреждать совместное осаждение ? Как это можно сделать ? Приведите примеры.
14. Сформулируйте правила адсорбции. Сформулируйте правило Панета-Фаянса-Хана.
15. Какие осадки – кристаллические или аморфные – адсорбируют растворенные вещества в большей степени ? Почему ? Как влияет на адсорбцию: а) температура; б) величина поверхности осадка; в) концентрация адсорбирующегося вещества ? Ответ мотивируйте.

16. Как зависит полнота осаждения  $\text{BaSO}_4$  от количества осадителя, величины pH и присутствия в растворе посторонних электролитов ?
17. Какому осадителю (аммиак, мочеви́на) следует отдать предпочтение при осаждении гидроксида железа (III) ? Почему ?
18. Каким осадителем (серная кислота ( $\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{SO}_4$ ) более предпочтительно осаждают  $\text{BaSO}_4$  ? Почему ?
19. Какие ионы будут адсорбироваться на поверхности осадка  $\text{AgI}$  в начале осаждения: а) к раствору  $\text{AgNO}_3$  добавляют  $\text{NaI}$ ; б) к раствору  $\text{NaI}$  добавляют  $\text{AgNO}_3$  ?
20. Почему для получения чистого осадка  $\text{BaSO}_4$  в качестве осадителя целесообразно использовать именно  $\text{BaCl}_2$ , а не  $\text{BaBr}_2$ ,  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  или  $\text{BaClO}_4$  ?
21. Назовите и обоснуйте причины потерь определяемого компонента при длительном промывании водой кристаллических и аморфных осадков.
22. Какие промывные жидкости применяют в гравиметрии ? Обоснуйте выбор промывной жидкости, приведите примеры.
23. В каком случае потери осадка  $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  будут наименьшими при промывании его: а) водой; б) раствором  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ ; в) раствором  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$  ?
24. Чем определяется величина навески пробы в гравиметрии ? Ответ обоснуйте, приведя соответствующие формулы.
25. Что такое гравиметрический фактор  $F$  ? Почему удобны гравиметрические формы с малым  $F$  ? Ответ обоснуйте, приведя соответствующие формулы.
26. При использовании какой гравиметрической формы погрешность определения магния минимальна:  $\text{MgO}$ ,  $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$ . Ответ поясните.
27. Назовите оптимальную гравиметрическую форму для определения кальция:  $\text{CaO}$ ,  $\text{CaSO}_4$  или  $\text{CaC}_2\text{O}_4$ . Ответ поясните. Как получить каждую из этих форм.
28. Приведите примеры важнейших неорганических и органических осадителей.

### **Тема: Титриметрические методы анализа**

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

### ***Вопросы для самоконтроля***

1. Какие признаки положены в основу классификации титриметрических методов ?
2. Что такое кривая титрования ? В каких координатах строятся логарифмические и линейные кривые титрования ?
3. какова роль кривых титрования ?
4. Что такое титрование, скачок титрования, точка эквивалентности, конечная точка титрования ?
5. Изложите сущность прямого, обратного титрования и титрования заместителя ?
6. Обязательно ли совпадение точки эквивалентности и конечной точки титрования ?
7. Назовите факторы, влияющие на вид кривой титрования.
8. Что такое метод стандартных веществ, фиксаналов и отдельных навесок ?
9. Что такое титрант, титр по определяемому веществу ?
10. Укажите способы выражения концентрации стандартных растворов.
11. Дайте определения химического эквивалента и фактора эквивалентности вещества.
12. Дайте определение молярной массы вещества и молярной массы эквивалента вещества.
13. Что такое первичные и вторичные стандартные растворы ? Перечислите требования, предъявляемые к стандартным веществам.

## **Тема: Кисотно-основное титрование**

Требования, предъявляемые к реакции в титриметрическом анализе. Виды титриметрических определений: прямое и обратное, косвенное титрование. Способы выражения концентраций растворов в титриметрии. Виды кривых титрования.

Кисотно-основные индикаторы. Погрешности титрования при определении сильных и слабых кислот и оснований, многоосновных кислот и оснований. Примеры практического применения.

### **Требования к уровню освоения содержания темы**

#### **Изучив данную тему, студент должен:**

- **знать:**
  - сущность титриметрического метода анализа
  - требования к реакциям, применяемым в титриметрии
  - понятия «точка эквивалентности», «конечная точка титрования»
  - понятия «стандартный раствор»
  - определения мерной посуды в химическом анализе
  - закон эквивалентов
  - способы выражения состава растворов
  - сущность метода кислотно-основного титрования
  - кислотно-основные индикаторы, принцип действия
  - стандартные вещества, стандартные растворы
- **уметь:**
  - рассчитывать концентрации растворов
  - выполнять анализ методом титрования
  - производить расчеты с использованием закона эквивалентов
  - проводить химический анализ веществ (растворов) методом кислотно-основного титрования
  - определять точность полученного результата

### **Порядок и методические указания по изучению темы:**

#### **При изучении темы необходимо:**

- Изучить материалы учебников (учебных пособий)
- Ответить на вопросы для самоконтроля по теме.

#### *Вопросы для самоконтроля:*

1. Какова сущность кислотно-основного титрования? Как обнаружить конечную точку титрования в кислотно-основном титровании?
2. Дайте определение химического эквивалента, фактора эквивалентности, молярной массы эквивалента в кислотно-основном титровании.
3. Приведите примеры первичных и вторичных стандартных растворов, используемых в кислотно-основном титровании. Напишите уравнения реакций, укажите факторы эквивалентности.
4. Почему тетраборат натрия считают универсальным стандартным веществом для кислотно-основного титрования? Напишите уравнения реакций и укажите факторы эквивалентности в каждом случае.
5. Почему NaOH не должен содержать карбонат-ион? Перечислите способы приготовления раствора NaOH, не содержащего карбонат-ион.
6. Какие свойства растворителей следует учитывать при выборе растворителя для титрования кислот и их смесей (оснований и их смесей)?
7. Как используют дифференцирующий эффект растворителя при титровании смеси кислот или оснований?

8. В каких координатах строят кривые титрования в методе кислотно-основного титрования ?
9. Какие факторы и каким образом влияют на величину скачка и положение точки эквивалентности на кривых титрования сильных кислот сильными основаниями ?
10. Какие факторы и каким образом влияют на величину скачка и положение точки эквивалентности на кривых титрования слабых кислот сильными основаниями ?
11. Как меняется вид кривой титрования (величина скачка, положение точки эквивалентности) при изменении: а) концентрации растворов; б) величин констант кислотности или основности; в) температуры ?
12. Каковы предельные значения констант кислотности или основности, а также концентраций кислот или оснований, при которых наблюдается скачок титрования ?
13. При каком условии возможно раздельное титрование смеси кислот (или многоосновных кислот) по ступеням ? Можно ли оттитровать по ступеням щавелевую, серную, угольную, сернистую, этилендиаминтетрауксусную кислоту ?
14. Приведите примеры использования разных способов титрования (прямого, обратного, косвенного) в кислотно-основном титровании.
15. Можно ли определить содержание  $\text{HCl}$  и  $\text{H}_3\text{BO}_3$  в смеси титрованием раствором сильного основания в водной среде ? Что произойдет, если к раствору, содержащему  $\text{H}_3\text{BO}_3$  добавить глицерин или манит ?
16. Можно ли определить содержание  $\text{HCl}$  и  $\text{CH}_3\text{COOH}$  в смеси титрованием раствором сильного основания в водной среде ? Что произойдет, если к раствору, содержащему  $\text{HCl}$  и  $\text{CH}_3\text{COOH}$  добавить ацетон ?

### **Тема: Окислительно-восстановительное титрование**

Способы определения конечной точки титрования; индикаторы. Погрешности титрования. Методы окислительно-восстановительного титрования. Перманганатометрия. Иодометрия и иодиметрия.

#### **Требования к уровню освоения содержания темы**

##### **Изучив данную тему, студент должен:**

- **знать:**
  - сущность метода окислительно-восстановительного титрования
  - окислительно-восстановительные индикаторы, принцип действия
  - безиндикаторное титрование
  - стандартные вещества, стандартные растворы
  - закон Нернста
- **уметь:**
  - проводить химический анализ веществ (растворов) методом окислительно-восстановительного титрования
  - определять точность полученного результата

#### **Порядок и методические указания по изучению темы:**

##### **При изучении темы необходимо:**

- Изучить материалы учебников (учебных пособий)
- Ответить на вопросы для самоконтроля по теме.

##### *Вопросы для самоконтроля:*

1. Назовите факторы, влияющие на величину скачка на кривой окислительно-восстановительного титрования ?
2. Назовите способы фиксирования конечной точки в окислительно-восстановительном титровании.
3. Выведите уравнение для расчета интервала потенциалов перехода окраски окислительно-восстановительных индикаторов.

4. На одном рисунке изобразите кривые титрования 0.1 М раствора Fe (II) при pH 0 раствором а) Ce (IV) и б) KMnO<sub>4</sub> и укажите положение точек эквивалентности.
5. Назовите первичные стандартные вещества в перманганатометрии, укажите их факторы эквивалентности и напишите соответствующие полуреакции.
6. Назовите первичные стандартные вещества в иодометрии, укажите их факторы эквивалентности и напишите соответствующие полуреакции.
7. Напишите реакции, используемые для стандартизации раствора тиосульфата натрия.
8. Назовите причины неустойчивости раствора тиосульфата натрия и напишите уравнения соответствующих реакций.
9. Назовите причины неустойчивости раствора перманганата натрия и напишите уравнение соответствующей реакции.
10. Какие приемы используют для стабилизации раствора перманганата натрия.
11. Назовите окислители и восстановители, используемые для предварительного окисления и восстановления определяемых веществ.
12. Почему бихроматометрическое определение железа (II) целесообразно проводить в присутствии фосфорной кислоты ?
13. Укажите и поясните условия иодометрического определения Cu (II).

### **Тема: Комплексометрическое титрование**

Использование аминокполикарбоновых кислот в комплексонометрии. Металлохромные индикаторы и требования, предъявляемые к ним. Погрешности титрования. Примеры практического применения.

#### **Требования к уровню освоения содержания темы**

**Изучив данную тему, студент должен:**

- **знать:**
  - сущность метода комплексометрического титрования
  - металлохромные индикаторы, принцип действия
  - основные типы комплексонов
  - стандартные вещества, стандартные растворы
  - влияние pH на протекание реакций комплексообразования ионов металлов в комплексонометрии
- **уметь:**
  - проводить химический анализ веществ (растворов) методом комплексометрического титрования
  - определять точность полученного результата

#### **Порядок и методические указания по изучению темы:**

**При изучении темы необходимо:**

- Изучить материалы учебников (учебных пособий)
- Ответить на вопросы для самоконтроля по теме.

*Вопросы для самоконтроля:*

1. Каким критериям должны отвечать титранты в комплексонометрии ?
2. Каковы преимущества полидентантных лигандов по сравнению с монодентантными ?
3. В чем сущность метода комплексонометрии ?
4. Объясните принцип действия и выбора металлоиндикатора в комплексонометрическом титровании.
5. Какие процессы и почему следует учитывать при выборе pH в комплексонометрическом титровании ?
6. Какие факторы влияют на величину скачка на кривой комплексонометрического титрования ? Ответ поясните графически. Выведите формулу для расчета pM в точке эквивалентности.

7. Как зависят результаты комплексонометрического титрования от состава и рН буферного раствора ?
8. Назовите два способа повышения селективности комплексонометрического титрования, приведите примеры.
9. Изобразите на одном рисунке кривые титрования 0.1000 М раствора железа (II) и 0.1000 М раствора ртути (II) 0.1000 М раствором ЭДТА при одинаковом значении рН, если  $\beta'_{\text{FeY}_2^-} = 2.00 \cdot 10^{14}$ , а  $\beta'_{\text{HgY}_2^-} = 6.00 \cdot 10^{21}$ . Ответ обоснуйте.
10. Изобразите на одном рисунке кривые титрования 0.1000 М раствора цинка раствором ЭДТА в аммиачном буферном растворе при рН 8.00 и 10.00. Ответ обоснуйте.
11. Напишите выражения для условных констант устойчивости комплексонов цинка и кальция в 0.1000 М растворе аммиака.
12. В каких случаях используют обратное комплексонометрическое титрование ? Приведите примеры.
13. Объясните сущность обратного и вытеснительного комплексонометрического титрования. В каких случаях используют эти методы ?
14. Как, используя условные константы устойчивости комплексонов металлов, определить оптимальные значения рН титрования 0.0100 М раствором ЭДТА 0.0100 М растворов хлоридов кальция, магния, бария ?
15. Как, используя условные константы устойчивости комплексонов металлов, определить оптимальную концентрацию компонента буферного раствора – аммиака – при титровании 0.0100 М раствором ЭДТА 0.0100 М растворов хлорида цинка при рН 9.00, хлорида никеля при рН 11.00 ?
16. Как проводят комплексонометрическое определение кальция и магния при совместном присутствии ?
17. В каких условиях (при каком рН и составе буферного раствора) следует проводить вытеснительное титрование раствором ЭДТА бария (II) в присутствии комплексоната бария ?
18. В каких условиях (при каком рН и составе буферного раствора) возможно обратное комплексонометрическое титрование Mn (II) с использованием стандартного раствора Zn (II) ?

### **Тема: Осадительное титрование**

Способы обнаружения конечной точки титрования; индикаторы. Аргентометрия.

Погрешности титрования. Примеры практического применения.

#### **Требования к уровню освоения содержания темы**

#### **Изучив данную тему, студент должен:**

- **знать:**
  - сущность метода осадительного титрования
  - индикаторы в осадительном титровании, принцип действия
  - виды осадительного титрования
  - стандартные вещества, стандартные растворы
  - влияние рН на протекание реакций осаждения.
  - Понятие произведения растворимости, константы растворимости
  - Понятие растворимости
- **уметь:**
  - проводить химический анализ веществ (растворов) методом осадительного титрования
  - рассчитывать растворимость труднорастворимых соединений
  - определять условия выпадения осадка
  - определять точность полученного результата

### **Порядок и методические указания по изучению темы:**

#### **При изучении темы необходимо:**

- Изучить материалы учебников (учебных пособий)
- Ответить на вопросы для самоконтроля по теме.

#### *Вопросы для самоконтроля:*

1. Какие требования предъявляют к реакциям осаждения в титриметрическом анализе ?
2. Приведите примеры методов определения, основанных на реакциях осаждения.
3. Укажите малорастворимые соединения, образование которых лежит в основе осадительного титрования:  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{AgCl}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$ ,  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{AgSCN}$ ,  $\text{PbCl}_2$ ,  $\text{AgBr}$ ,  $\text{Hg}_2(\text{SCN})_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ .
4. В каких координатах целесообразно строить кривые осадительного титрования ?
5. От каких факторов зависит величина скачка на кривой осадительного титрования ?
6. Как влияют на величину скачка титрования произведение растворимости соединения, концентрация и ионная сила растворов, температура ?
7. В каком случае скачок титрования будет наибольшим и в каком – наименьшим, если раствором  $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$  ( $f=1/2$ ) титруют растворы: а) 0.01 М KI; 0.1 М KI; 1.0 М KI; б) 0.1 М растворы KCl, KBr и KI.
8. Укажиет последовательность выпадения осадков при аргентометрическом титровании смеси, содержащей ионы  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}^-$  в эквимольных концентрациях. Как будет выглядеть кривая титрования такого раствора ?
9. Сформулируйте необходимое условие раздельного титрования ионов  $A_1$  и  $A_2$ , образующих с титрантом малорастворимое соединение.
10. Перечислите способы обнаружения конечной точки титрования по методу осаждения.
11. Назовите методы осадительного титрования, в которых для обнаружения конечной точки титрования используются реакции образования: а) окрашенного осадка; б) окрашенного комплексного соединения; в) окрашенного адсорбционного соединения с осадком.
12. Какие типы индикаторов применяются в титриметрии по методу осаждения ?
13. В чем сущность осадительного титрования по методу Мора ? Для определения каких ионов он применяется ?
14. Какой метод аргентометрического титрования целесообразно использовать для определения  $\text{Cl}^-$  и  $\text{Br}^-$ -ионов ?
15. Охарактеризуйте метод Фольгарда. Какие ионы могут быть определены с помощью этого метода ?
16. С помощью какого индикатора фиксируют конечную точку титрования в методе Фаянса ? Отметьте особенности и область практического применения этого метода.
17. Сформулируйте необходимое условие применения адсорбционных индикаторов. Приведите примеры их использования.
18. В чем сущность меркурометрического определения хлоридов и бромидов; какие при этом используются индикаторы ?
19. Приведите условия приготовления, хранения и стандартизации раствора  $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$ .
20. Какие ионы позволяет определять метод меркурометрического титрования ?
21. Отметьте преимущества и недостатки аргентометрического титрования по сравнению с меркурометрическим.
22. Каковы причины возникновения индикаторных погрешностей при осадительном титровании по методу: 1) Мора; 2) Фольгарда; 3) Фаянса.

### **Контрольные работы**

Задания для контрольной работы могут представлять собой набор номеров задач из книг [7, 8] или тексты задач в виде отдельных вариантов ( типовые варианты контрольной работы приведены ниже). При решении задач рекомендуется использовать [7, 8].

Контрольная работа, выполняемая обучающимися, должна быть представлена в рукописном виде на отдельных листах бумаги или в тонких тетрадях.

- [7] – Е.Н.Дорохова, Г.В.Прохорова. Задачи и вопросы по аналитической химии. М.: Мир, 2001  
 [8] – В.Н.Толстоусов, С.М.Эфрос. Задачник по количественному анализу. Л.: Химия, 1986

**Контрольная работа № 1**  
 «Гравиметрические методы анализа. Оценка достоверности результатов»

№ варианта	№ задачи				Задачник [1], стр. 203
	Задачник [1] или [2] (в задачнике [1] стр. 120)				
1	1 а,б [1]	8 [1]	28 [1]	79 [2]	28
2	1 в,г [1]	9 [1]	27 [1]	75 [2]	27
3	1 д,е [1]	10 [1]	26 [1]	65 [2]	26
4	1 ж,з [1]	11 [1]	15 [1]	63 [2]	25
5	1 и,к [1]	12 [1]	24 [1]	56 [2]	24
6	1 в,з [1]	13 [1]	23 [1]	55 [2]	23
7	2 [1]	14 [1]	22 [1]	53 [2]	22
8	3 [1]	15 [1]	21 [1]	51 [2]	21
9	4 [1]	16 [1]	20 [1]	50 [2]	20
10	5 [1]	17 [1]	19 [1]	48 [2]	19
11	6 [1]	18 [1]	156 [2]	42 [2]	18
12	7 [1]	26 [2]	157 [2]	38 [2]	17
13	1 г,д [1]	27 [2]	158 [2]	37 [2]	16
14	1 е,ж [1]	28 [2]	159 [2]	29 [1]	15
15	1 з,и [1]	30 [2]	160 [2]	30 [1]	14
16	1 а,к [1]	31 [2]	164 [2]	31 [1]	13
17	1 б,е [1]	33 [2]	169 [2]	32 [1]	12
18	1 з,ж [1]	34 б [2]	170 [2]	33 [1]	11
19	1 в,к [1]	34 в [2]	171 [2]	34 [1]	10
20	1 ж,и [1]	34 г [2]	175 [2]	80 [1]	29

**Контрольная работа № 2**  
 «Титриметрические методы анализа»

№ варианта	№ задачи					
	[2]	[1], стр. 171	[2]	[2]	[2]	[2]
1	219	1а, 2	237	266	415	361
2	220	1б, 2	239	270	416	363
3	221	1в, 2	240	272	409	366
4	222	1г, 2	242	287	410	367
5	223	1д, 2	243	291	411	369
6	224	1е, 2	247	320	412	370
7	225	1ж, 2	249	325	417	381
8	227	1а, 2	251	328	419	382
9	231	1б, 2	253	329	420	379
10	232	1в, 2	254	293	425	348
11	233	1г, 2	256	295	432	350
12	219	1д, 2	257	296	439	352



13	5	1е, 2	258	334	430	355
14	7	1ж, 2	259	328	427	371
15	12	1а, 2	252	329	408	376
16	10	1б, 2	255	330	431	358
17	226	1в, 2	261	320	424	381
18	228	1г, 2	265	336	407	382
19	229	1е, 2	263	328	440	353
20	230	1д, 2	264	329	433	354

**«Типы химических реакций и процессов в аналитической химии»**

№ варианта	№ задачи из задачника [1]				
	Стр. 24	Стр. 49	Стр. 67	Стр. 82	Стр. 103
1	1	37	3	10	30
2	2	36	4	9	29
3	3	35	5	8	28
4	4	34	6	7	25
5	5	33	7	6	24
6	6	32 а, б	8	5	23
7	7	31	9	4 а	22
8	8	30	10	4 б	21
9	9	29	11	3 а	20
10	10	28	12	3 б	19
11	11	27	13	3 в	18
12	12 а, б	26	14	2 а	17
13	12 в, г	25	15	2 б	16
14	13 а, б	24	16	2 в	15
15	13 в, г	11	17	1 а	14
16	14	10	18	1 б	13
17	15	9	19	8	12
18	16	6	20	7	11
19	17	22	21	10	10
20	18	21	22	9	9

**Типовые варианты контрольных работ**

**Контрольная работа 1**

**Вариант 1**

- Смысл понятия «точность химического анализа» ?
- Назовите постоянные параметры нормального распределения случайной величины.
- Содержание фосфора в чугуна по данным атомно-эмиссионного анализа составляет (%): 0.26; 0.24; 0.21; 0.23; 0.27; 0.30. Является ли величина 0.30 % промахом ?
- В мерной колбе вместимостью 500.0 мл приготовлен раствор из навески 2.500 г  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Вычислить:
  - молярную концентрацию эквивалента раствора;
  - его молярную концентрацию;
  - титр;
  - титр по  $\text{HCl}$ .
- Какой объем соляной кислоты ( $\omega=38.32\%$ ) следует взять для приготовления 1500 мл 0.2000 М раствора ?

- Во сколько раз изменится растворимость  $Mg(OH)_2$  в присутствии  $0.1 M NH_3$  по сравнению с насыщенным водным раствором. Ионной силой пренебречь.
- Коэффициент распределения 2,6-динитрофенола между водой и октиловым спиртом равен 15. рассчитайте степень извлечения 2,6-динитрофенола, а также его концентрацию, оставшуюся в водной фазе после экстракции из  $100,0 \text{ мл } 1.0 \cdot 10^{-3} M$  раствора  $20,0 \text{ мл}$  октилового спирта. Как можно повысить степень извлечения ?

## Контрольная работа 2

### Вариант 1

- Рассчитать pH  $2,0 \cdot 10^{-7} M$  раствора гидроксида калия.
- Рассчитать pH и буферную емкость раствора, полученного смешением  $50,0 \text{ мл } 25 \%$ -ного раствора аммиака и  $30,0 \text{ мл } 1,4 M$  раствора соляной кислоты
- Вычислить средние коэффициенты активности для  $0,2 M$  раствора хлорида кальция, используя а) упрощенный закон Дебая – Хюккеля; б) усовершенствованное уравнение Дебая-Хюккеля и в) уравнение Дэвиса. Сравните эти результаты с экспериментальным значением, равным  $0,472$ .
- Рассчитайте равновесные концентрации трех частиц  $Ag^+$ ,  $CN^-$  и  $Ag(CN)_2^-$ , полученные при смешивании  $35,0 \text{ мл } 0,25 M$  раствора цианида натрия с  $30,0 \text{ мл } 0,10 M$  раствора нитрата серебра.
- Вычислить окислительно-восстановительный потенциал в растворе, содержащем  $15,8 \text{ г/л } KMnO_4$ ,  $0,1 M MnSO_4$ , pH =  $2,7$ .
- Рассчитать формальный потенциал полуреакции  
 $Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e = 2Cr^{3+} + 7H_2O$  при pH =  $2,3$ .
- Рассчитать эдс электрохимической ячейки:  
 $Hg | Hg_2Cl_2(тв.), HCl (0,1 M) || ZnSO_4 (0,05 M) | Zn$ .
- Содержание фосфора в листьях, полученное спектрофотометрическим методом с образованием фосфорномолибденовой (I) и фосфорнованадиевомолибденовой (II) кислот, составило (мкг/кг):  
 I –  $3.3; 4.0; 4.5$   
 II –  $2.5; 4.0; 3.3; 4.2$
- Из  $0,7586 \text{ г}$  щавелевой кислоты (х.ч.) приготовлен раствор в мерной колбе вместимостью  $250,0 \text{ см}^3$ . Определите концентрацию раствора, выразив ее в виде: а)  $T_{H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O}$ ; б)  $T_{H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O / KMnO_4}$ ; в) молярную концентрацию эквивалента; г) поправочный коэффициент K.
- Определите массовую долю (%) алюминия в сплаве, если после растворения навески массой  $0,6500 \text{ г}$  его и удаления мешающих элементов объем раствора довели до  $250,0 \text{ мл}$ , к  $20,00 \text{ мл}$  этого раствора добавили  $Na_2MgЭДТА$  и оттитровали  $15,18 \text{ мл } 0,05023 M$  ЭДТА.

### Вариант 2

- Приведите классификацию методов титриметрии по типу химической реакции и по способу титрования.
- На титрование раствора, содержащего  $4,2518 \text{ г}$  технического KOH, израсходовали  $29,32 \text{ мл}$  раствора HCl (T HCl/NaOH =  $0.07929$ ). Вычислите массовую долю KOH (%) в образце.
- Какими способами подбирают индикаторы при кислотно-основном титровании?

4. Навеску пергидроля массой 2,5000 г перенесли в мерную колбу вместимостью 500,0 мл. На титрование 25,00 мл этого раствора израсходовали 18,72 мл 0,1 Н раствора  $\text{KMnO}_4$  ( $f_3 = 1/5$ ). Вычислить массовую долю (%)  $\text{H}_2\text{O}_2$  в пергидроле.
5. В 500,0 мл раствора содержится 2,658 г  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Рассчитайте  $T(\text{Na}_2\text{CO}_3/\text{HCl})$ ,  $T(\text{Na}_2\text{CO}_3)$  и молярную концентрацию эквивалентов при нейтрализации полученного раствора до  $\text{NaHCO}_3$ .
6. Что называется эквивалентом вещества?
7. Вычислить: а)  $C_{\text{H}}(\text{H}_2\text{SO}_4)$ , если  $T(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,02446$ ; б)  $C_{\text{H}}(\text{NaOH})$ , если  $T(\text{NaOH}) = 0,004020$ .
8. К 550 мл 0,1925 М  $\text{HCl}$  прибавили 50,00 мл раствора  $\text{HCl}$  с титром 0,02370. Вычислить молярную концентрацию и титр полученного раствора.
9. На титрование 20,00 мл раствора  $\text{NaCl}$  [ $T(\text{NaCl}/\text{Ag}) = 0,005580$ ] израсходовали 25,00 мл раствора  $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$ . Определить молярную концентрацию эквивалента  $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$ , титр раствора  $T[\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2]$  и титр  $T[(\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2/\text{Cu})]$ .
10. Определить молярную концентрацию, титр  $T(\text{ЭДТА})$  и титр по определяемому веществу  $T(\text{ЭДТА}/\text{CaO})$  рабочего раствора ЭДТА (комплексона III)? Если на титрование навески металлического цинка массой 0,02524 г затратили 22,56 мл этого раствора.

**Технологическая карта дисциплины**  
**Дисциплина: «Аналитическая химия»**

№	Контрольные точки	Зачетное количество баллов		График прохождения (неделя сдачи)
		min	max	
<b>Текущий контроль</b>				
	<b>Посещение лекций (27 лекций)</b>	<b>3</b>	<b>12</b>	
	Нет посещений – 0 баллов, (9 лекций) 33,33 % - 3 балла; (18 лекции) 66,66 % - 6 баллов; (27 лекций) 100 % - 12 баллов			
1.	<b>Выполнение лабораторных работ (15 работ)</b>	26	29	По расписанию
	Выполнение одной ЛР в срок (по расписанию занятий) – 1,93 баллов, не в срок (но в течение двух недель после даты по расписанию) – 1,73 балла.			
2.	<b>Защита лабораторных работ</b>	26	29	По расписанию
	Защита одной ЛР в срок (в течение двух недель после даты выполнения ЛР по расписанию) – 1,93 баллов, не в срок – 1,73 балла.			
3.	<b>Контрольная работа (2 к/р)</b>	5	10	По расписанию
	Одна к/р – от 2,5 до 5 баллов. Отлично – 5 баллов, хорошо – 4 баллов, удовлетворительно – 2,5 баллов			
	<b>ИТОГО за работу в семестре</b>	<b>60</b>	<b>80</b>	последняя неделя семестра
<b>Промежуточная аттестация</b>				
	<b>Экзамен</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	
	Оценка «5» - 20 баллов Оценка «4» - 15 баллов Оценка «3» - 10 баллов			
	<b>ИТОГОВЫЕ БАЛЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b>	<b>70</b>	<b>100</b>	
	<b>Итоговая оценка</b> определяется по итоговым баллам за дисциплину и складывается из баллов, набранных в ходе текущего контроля (итога за работу в семестре) и промежуточной аттестации (экзамен) <b>Шкала баллов для определения итоговой оценки:</b> 91 - 100 баллов - оценка «5» 81-90 баллов - оценка «4» 70- 80 баллов - оценка «3» 69 и менее баллов - оценка «2» <b>Итоговая оценка</b> проставляется в экзаменационную ведомость и зачетную книжку обучающегося			