

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Сыктывкарский лесной институт – филиал государственного образовательного учреждения  
высшего профессионального образования «Санкт-Петербургская государственная  
лесотехническая академия имени С. М. Кирова»

**КАФЕДРА ХИМИИ**

# **АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА**

## **Раздел «Аналитическая химия»**

Методические указания и контрольные задания для студентов  
специальности 240406 «Технология химической переработки древесины»  
заочной формы обучения

*Самостоятельное учебное электронное текстовое издание*

СЫКТЫВКАР 2009

**УДК 543**  
**ББК 24.4**  
**А64**

Рассмотрены и рекомендованы к изданию в электронном виде кафедрой химии Сыктывкарского лесного института 31 октября 2008 г. (протокол № 2).

Утверждены к опубликованию в электронном виде советом факультета заочного обучения Сыктывкарского лесного института 18 декабря 2008 г. (протокол № 4).

Составлены в соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования по направлению 655000 «Химическая технология органических веществ и топлива» специальности 240406 «Технология химической переработки древесины» от 27.03.2000 № гос. рег. 222 тех/дс.

**Составитель:**

ст. преподаватель кафедры химии **В. М. Гляд**

**Рецензент:**

гл. науч. сотрудник **А. П. Карманов**, д-р хим. наук (Институт химии Коми НЦ УрО РАН)

**Аналитическая химия и физико-химические методы анализа. Раздел А64 «Аналитическая химия»** [Электронный ресурс] : метод. указ. и контр. задания для студ. спец. 240406 «Технология химической переработки древесины» заоч. формы обуч. / Сыкт. лесн. ин-т ; сост. В. М. Гляд. – Электрон. текстовые дан. (1 файл в формате pdf : 0,5 Мб). – Сыктывкар : СЛИ, 2009. – Режим доступа: <http://lib.sfi.komi.com>. Доступен также на дискете. – Систем. требования для дискеты: Acrobat Reader (любая версия). – Загл. с экрана.

В работе представлены методические указания, программа, варианты заданий и литература для выполнения контрольной работы по разделу «Аналитическая химия» обязательной дисциплины «Аналитическая химия и ФХМА».

Для студентов заочной формы обучения специальности ТХПД.

УДК 543  
ББК 24.4

Темплан 2008/09 учеб. г. Изд. № 263.

© СЛИ, 2009  
© В. М. Гляд, составление, 2009

---

*Самостоятельное учебное электронное текстовое издание*

Составитель: **Гляд Валентина Макаровна**

**Аналитическая химия и физико-химические методы анализа. Раздел «Аналитическая химия»**

Электронный формат – pdf  
Разрешено к публикации 09.02.09. Объем 1,3 уч.-изд. л.; 0,5 Мб.

Сыктывкарский лесной институт – филиал государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Санкт-Петербургская государственная лесотехническая академия имени С. М. Кирова» (СЛИ), 167982, г. Сыктывкар, ул. Ленина, 39  
[institut@sfi.komi.com](mailto:institut@sfi.komi.com), [www.sli.komi.com](http://www.sli.komi.com)

Редакционно-издательский отдел СЛИ. Заказ № 24.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ПРЕПОДАВАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>4</b>
<b>ПРОГРАММА РАЗДЕЛА «АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ» .....</b>	<b>6</b>
<b>ЗАДАНИЯ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ .....</b>	<b>10</b>
<b>Вариант 0.....</b>	<b>10</b>
<b>Вариант 1.....</b>	<b>11</b>
<b>Вариант 2.....</b>	<b>13</b>
<b>Вариант 3.....</b>	<b>14</b>
<b>Вариант 4.....</b>	<b>15</b>
<b>Вариант 5.....</b>	<b>16</b>
<b>Вариант 6.....</b>	<b>18</b>
<b>Вариант 7.....</b>	<b>19</b>
<b>Вариант 8.....</b>	<b>20</b>
<b>Вариант 9.....</b>	<b>21</b>
<b>Библиографический список.....</b>	<b>23</b>
<b>Приложение. Произведения растворимости.....</b>	<b>24</b>

## ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ПРЕПОДАВАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

*Аналитическая химия – это наука об определении химического состава веществ и отчасти их строения.* Использование методов аналитической химии позволяет определить, из каких компонентов состоит анализируемое вещество, в какой форме эти компоненты находятся в анализируемом объекте, а в некоторых случаях становится возможным и установление пространственного расположения компонентов.

*Предметом аналитической химии являются теория и практика химического анализа, которые включают:*

- решение общих вопросов анализа, например развитие теоретических основ групп методов анализа или отдельных методов, определение границ их применимости, развитие метрологических основ аналитической химии, методологии автоматизации и математизации методов анализа;
- разработку аналитических методов;
- решение конкретных задач анализа, например разработку и развитие аналитической химии продуктов целлюлозно-бумажной промышленности.

Химический анализ является важным средством контроля сырья, промежуточных и конечных продуктов производства в целом ряде отраслей промышленности: химической, металлургической, горнодобывающей, нефтеперерабатывающей, нефтехимической, *целлюлозно-бумажной*, фармацевтической, пищевой. При этом каждая отрасль при постановке и решении аналитической задачи имеет свою специфику.

В аналитической химии широко используются такие разделы химии, как учение о химическом равновесии, химическая кинетика, неорганическая, органическая, коллоидная химия, электрохимия. Развитие многих методов анализа происходит под влиянием постоянного развития соответствующих разделов физики (например, успехи оптической, рентгеновской, радиочастотной спектроскопии определяют развитие соответствующих методов анализа) и в результате прогресса в приборостроении.

**Цель преподавания дисциплины** – сочетание дальнейшего развития общехимической подготовки студента, начатой в курсе общей и неорганической химии, с обучением наиболее важным химическим и физико-химическим методам анализа и возможностям их применения для решения конкретных практических задач, связанных с технологией химической переработки древесины.

### Задачи изучения дисциплины

По окончании изучения курса «Аналитическая химия и физико-химические методы анализа» *студент должен знать:*

- основные методы титриметрического и гравиметрического анализов;
- принципы, на которых основаны методы разделения и концентрирования при построении аналитической методики;
- основные методы оптического, электрохимического и хроматографического анализа;
- основной приборный парк современной аналитической (производственной) лаборатории;
- основные критерии, используемые при выборе метода анализа;
- основные приемы построения аналитических методик при использовании различных химических и физико-химических методов анализа;
- основные погрешности химического анализа и принципы обработки результатов измерений;
- основные методы пробоотбора, подготовки пробы к анализу и основные методы анализа исходных реагентов и продуктов химической переработки древесины.

*Студент должен уметь:*

- пользоваться справочной литературой для решения аналитических задач;
- формулировать аналитическую задачу для анализа реагентов и продуктов химической переработки древесины;
- на основе анализа научно-литературных данных и нормативных документов структурировать пути ее решения.

*Студент должен получить навыки:*

- проведения некоторых аналитических операций химических методов анализа (экстракции, взятия навески, отбора средней пробы, приготовления рабочих растворов, титрования) и связанных с ними расчетов;
- работы на оптических, электрохимических и хроматографических приборах;
- расшифровки аналитических сигналов, полученных вручную или при использовании соответствующего программного обеспечения, при проведении физико-химического анализа и обработке полученной информации;
- правильного представления результатов анализа в отчете о проделанной экспериментальной работе и их критической оценки.

Дисциплина «Аналитическая химия и физико-химические методы анализа» изучается студентами заочного обучения на 3 курсе. Дисциплина содержит два раздела: **«Аналитическая химия»** и **«Физико-химические методы анализа»**.

## ПРОГРАММА РАЗДЕЛА «АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»

### **Введение. Предмет и задачи аналитической химии.**

Структура, место и значение аналитической химии в системе наук, связь с практикой. Основные этапы развития аналитической химии. Современное состояние и тенденции развития аналитической химии: инструментализация, автоматизация, математизация, увеличение доли физических методов. Основные аналитические проблемы: снижение предела обнаружения; повышение точности и избирательности, обеспечение экспрессности. Виды анализа: элементный, молекулярный, функциональный, фазовый. Перспективы развития аналитической химии и химического анализа.

*Вопросы для самопроверки*

1. В чем разница между понятиями «аналитическая химия» и «химический анализ»?
2. Перечислите основные химические, физические и физико-химические методы анализа.
3. Что называется пределом обнаружения?
4. В чем заключается сущность элементного, молекулярного и фазового анализов?

### **Химическое равновесие в гомогенных системах. Кислотно-основные реакции.**

Типы реакций, применяемых в аналитической химии. Современные представления о кислотах и основаниях. Теория Льюиса. Теория Бренстеда – Лоури. Равновесие в системах кислота – сопряженное основание и растворитель. Константы кислотности и основности. Кислотные и основные свойства растворителей. Константа автопротолиза. Буферные растворы и их свойства. Буферная емкость. Вычисление pH растворов.

*Вопросы для самопроверки*

1. Что такое водородный показатель pH?
2. Чему равно ионное произведение воды?
4. Какие растворы называются буферными?
5. Дайте определение гидролиза и константы гидролиза с позиций классической теории кислот и оснований и с позиций теории Бренстеда – Лоури.

### **Реакции комплексообразования в химическом анализе.**

Типы комплексных соединений, используемых в аналитической химии. Равновесия в растворах координационных соединений. Количественные характеристики комплексных соединений: константы устойчивости (ступенчатые и общие). Возможности использования комплексных соединений в различных методах анализа.

*Вопросы для самопроверки*

1. Как строятся названия комплексных соединений?
2. Назовите аналитические реакции, основанные на образовании комплексных соединений.
3. Что такое константа нестойкости комплексного соединения?

### **Окислительно-восстановительные реакции.**

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

*Вопросы для самопроверки*

1. Напишите уравнение Нернста для окислительно-восстановительной пары.
2. Назовите основные неорганические и органические окислители и восстановители.
3. Как определить направление окислительно-восстановительных реакций?
4. При каких условиях определены стандартные электродные потенциалы?
5. Какие факторы влияют на величину окислительно-восстановительных потенциалов?

### **Химическое равновесие в гетерогенных системах.**

Равновесие между твердой и жидкой фазами (гетерогенные равновесия). Произведение растворимости. Факторы, влияющие на растворимость осадков: температура, ионная сила, действие одноименного иона, реакции комплексообразования, окисления-восстановления. Использование реакций осаждения и растворения для разделения различных соединений. Характеристики малорастворимых соединений, наиболее часто используемых в анализе.

*Вопросы для самопроверки*

1. Сформулируйте правило произведения растворимости.
2. Как связано произведение растворимости малорастворимого электролита с его растворимостью?
3. Сформулируйте закон действующих масс.
4. Сформулируйте условия образования и растворения осадков.

### **Методы разделения и концентрирования.**

**Осаждение и соосаждение.** Классификация процессов соосаждения (адсорбция, окклюзия, изоморфизм и др.) Коллоидные системы. Примеры неорганических и органических реагентов для осаждения. Групповые реагенты и предъявляемые к ним требования.

**Методы экстракции.** Теоретические основы методов. Закон распределения. Классификация экстракционных процессов. Типы экстракционных систем. Условия экстракции неорганических и органических соединений. Реэкстракция. Природа и характеристика экстрагентов. Разделение элементов методом экстракции. Основные органические реагенты, используемые для разделения элементов методом экстракции. Селективное разделение элементов методом подбора органических растворителей, изменением рН водной фазы, маскирования и демаскирования.

*Вопросы для самопроверки*

1. В чем заключается процесс маскирования?
2. Перечислите основные химические способы разделения ионов металлов, основанные на применении осаждающих неорганических и органических реагентов.
3. Какие процессы протекают при экстракции?
4. Перечислите основные органические экстрагенты.
5. Какие процессы характеризуют различные виды соосаждения: адсорбцию, окклюзию, послеосаждение?

### **Качественный анализ.**

Методы анализа: пробирочный, капельный, микрокристаллоскопический и т. д. Характеристики аналитических реакций. Дробный и систематический ходы анализа. Схемы анализа: сероводородный, кислотнo-щелочной, аммиачно-фосфатный и др.

*Вопросы для самопроверки*

1. В чем заключается создание специфических условий для определения заданных элементов в присутствии других элементов?
2. Какие методы можно использовать для снижения предела обнаружения данного элемента в реальных условиях?
3. На сколько групп разделяют катионы в кислотнo-щелочном методе анализа?
4. Чем отличаются дробный и систематический анализы ионов?

### **Методы количественного анализа.**

Задачи и классификация количественного анализа. Техника работы и вычисления при количественных определениях. Правильность, точность и воспроизводимость анализа. Типы ошибок (систематические, случайные).

*Вопросы для самопроверки*

1. Перечислите основные этапы проведения количественного анализа.
2. Перечислите метрологические характеристики методов химического анализа.

3. Какими методами проверяется правильность результатов анализа?

4. В чем отличие систематических погрешностей от случайных?

### **Гравиметрический анализ.**

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

*Вопросы для самопроверки*

1. Назовите методы гравиметрического анализа.
2. Что такое гравиметрический фактор?
3. Перечислите требования, предъявляемые к осаждаемой и гравиметрической формам.

### **Титриметрический анализ.**

Общие сведения. Классификация. Требования, предъявляемые к реакциям в титриметрическом анализе. Способы выражения концентрации растворов в титриметрии.

*Вопросы для самопроверки*

1. Сформулируйте понятия фактора эквивалентности, молярной массы эквивалента.
2. Какие требования предъявляются к реакциям, используемым в титриметрии?

### **Виды титриметрических определений.**

Основные приемы титрования: прямое, обратное, заместительное. Виды кривых титрования. Скачок титрования. Точка эквивалентности и конечная точка титрования. Стандарты и титранты.

*Вопросы для самопроверки*

1. Каковы критерии применения различных способов проведения титрования: прямого, обратного, заместительного?
2. Какие растворы называются стандартными и какие требования к ним предъявляются?
3. Что представляют собой кривые титрования? Для чего они строятся?

### **Кислотно-основное титрование.**

Типы кривых титрования. 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.

*Вопросы для самопроверки*

1. В каких координатах строятся кривые титрования в методе кислотно-основного титрования?
2. Как подбирается кислотно-основной индикатор?

### **Комплексометрическое титрование.**

Характеристика метода. Неорганические и органические титранты в комплексометрии. Использование аминополикарбонновых кислот в комплексометрии. Построение кривых титрования. Металлохромные индикаторы и требования, предъявляемые к ним. Способы комплексометрического титрования: прямое, обратное, косвенное. Селективность титрования и способы ее повышения. Погрешности титрования. Примеры практического применения комплексометрии.



*Вопросы для самопроверки*

1. Приведите примеры комплексонометрического определения ионов с использованием обратного титрования, вытеснительного и косвенного титрования. Чем определяется выбор способа титрования?
2. Как влияют состав и рН буферного раствора на результаты комплексонометрического титрования?
3. Какие факторы учитываются при подборе металлоиндикатора в комплексонометрическом титровании?

**Окислительно-восстановительное титрование.**

Методы окислительно-восстановительного титрования. Перманганатометрия. Иодометрия. Хроматометрия. Броматометрия. Практическое применение для анализа неорганических и органических веществ.

*Вопросы для самопроверки*

1. Перечислите основные методы окислительно-восстановительного титрования.
2. Напишите реакции, протекающие при стандартизации рабочих растворов в перманганатометрии и иодометрии.
3. Какие вещества можно определить прямым титрованием раствором иода?
4. Как проводится определение окислителей в иодометрии?
5. Какие реакции характеризуют перманганатометрическое и дихроматометрическое определение ХПК в природных и сточных водах?

**Осадительное титрование.**

Аргентометрия. Меркурометрия. Построение кривых титрования. Способы обнаружения конечной точки титрования; индикаторы. Погрешности титрования. Примеры практического применения.

*Вопросы для самопроверки*

1. Как можно установить конечную точку титрования в аргентометрии?
2. Какое вещество применяют в методе Мора в качестве индикатора?
3. Какая реакция лежит в основе меркурометрического определения галогенид-ионов?

## ЗАДАНИЯ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ

Контрольное задание каждого студента состоит из 22 вопросов. Номер варианта студенты выбирают по последней цифре своего шифра (номера зачетной книжки).

При выполнении контрольного задания студент должен строго придерживаться своего варианта. Вопросы и ответы должны следовать в том порядке, в котором они даны в контрольном задании. *Контрольные работы, выполненные не по своему варианту, преподавателем не рецензируются и не засчитываются.*

Контрольные задания выполняются в тетрадях или на листах формата А4. Форма оформления титульного листа контрольной работы приведена на интернет-сайте СЛИ.

К выполнению контрольных работ следует приступить после тщательного изучения теоретической части курса, используя специальную литературу [1–3, 5–6, 8–11]. Ответы на теоретические вопросы должны быть конкретными и не выходить за рамки поставленного вопроса. В контрольные задания включено значительное количество задач. Примеры решения задач приведены в литературных источниках [1–4, 7, 10–11].

При решении задач № 10 и 11 воспользуйтесь табличными значениями произведений растворимости малорастворимых соединений (см. приложение).

В контрольной работе обязательно указать литературу, которую Вы использовали при ее выполнении.

Контрольные работы должны быть зарегистрированы в деканате заочного обучения не позднее чем за 10 дней до начала экзаменационной сессии.

Если контрольная работа не зачтена, ее нужно выполнить повторно с учетом замечаний преподавателя. Исправления следует выполнить в конце работы, а не в рецензируемом тексте. Правильные ответы переписывать не нужно.

### Вариант 0

1. Какие соединения являются в водном растворе кислотами, а какие основаниями с точки зрения протолитической теории Бренстеда – Лоури:  $\text{HClO}_4$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{HS}^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ?
2. Найдите pH 0,02 М раствора  $\text{NH}_4\text{OH}$ .  $K_d(\text{NH}_4\text{OH}) = 1,75 \cdot 10^{-5}$ .
3. Какова буферная емкость смеси, состоящей из 0,4 М  $\text{CH}_3\text{COOH}$  и 0,5 М  $\text{CH}_3\text{COONa}$  по сильной кислоте и по сильному основанию?  $K_d(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1,8 \cdot 10^{-5}$ .
4. Что такое константа устойчивости комплексного соединения?
5. Напишите выражение для константы нестойкости комплексного иона  $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ .
6. Найдите концентрацию комплексообразователя и лигандов в 0,2 М растворе  $[\text{AlF}_6]^{3-}$ .  $K_n([\text{AlF}_6]^{3-}) = 2,1 \cdot 10^{-21}$ .
7. Как влияет pH среды на величину окислительно-восстановительного потенциала?
8. Чему равен окислительно-восстановительный потенциал системы  $\text{IO}_3^-/\text{I}^-$  в кислой среде при  $[\text{H}^+] = 0,1$  моль/л,  $[\text{IO}_3^-] = [\text{I}^-] = 2$  моль/л?  $\varphi^0(\text{IO}_3^-/\text{I}^-) = 1,08$  В.
9. Сформулируйте правило произведения растворимости.

10. Какой из гидроксидов будет выпадать первым, если в раствор, содержащий нитраты марганца, кадмия и меди концентрации 0,2 моль/л, добавлять гидроксид натрия?
11. Выпадает ли осадок при смешении равных объемов 0,0012 М растворов  $\text{BaCl}_2$  и  $\text{Na}_2\text{CrO}_4$ ?
12. Какие виды реакций применяют при изучении качественных реакций катионов и анионов? Приведите примеры.
13. Составьте схему анализа смеси катионов калия, бария и ртути (I) по кислотно-щелочному методу.
14. В чем заключается сущность методов отгонки и осаждения в гравиметрии?
15. Рассчитайте гравиметрический фактор, если при определении NiO гравиметрической формой служило соединение  $\text{Ni}(\text{C}_4\text{H}_7\text{N}_2\text{O}_2)_2$ .
16. При определении содержания магния в растворе его осадили в виде  $\text{MgNH}_4\text{PO}_4$ . После прокаливания осадка масса гравиметрической формы  $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$  оказалась равной 0,2076 г. Вычислите массу (г) магния в анализируемом растворе.
17. Перечислите способы обнаружения конечной точки титрования по методу осаждения.
18. Какой объем 10 % раствора карбоната натрия с плотностью 1,105 г/см<sup>3</sup> требуется для приготовления 5 дм<sup>3</sup> 2 % раствора с плотностью 1,02 г/см<sup>3</sup>?
19. К навеске известняка массой 0,2815 г, содержащего  $\text{CaCO}_3$  и индифферентные примеси, добавлено 20 мл раствора хлороводородной кислоты с молярной концентрацией 0,1175 моль/л. Избыток кислоты оттитрован 5,60 мл NaOH, 1 мл которого эквивалентен 0,975 мл HCl. Вычислите массовую долю (%)  $\text{CO}_2$  в известняке.
20. Для определения содержания никеля к анализируемому раствору добавили 20,0 мл 0,035 М раствора ЭДТА. На титрование избытка ЭДТА было израсходовано 5,00 мл 0,025 М раствора  $\text{MgSO}_4$ . Вычислите массу (г) никеля в анализируемом растворе.
21. Для анализа иода, содержащего примеси, взята навеска 1,5388 г. Навеска растворена в мерной колбе емкостью 200,0 мл. На титрование 20,0 мл полученного раствора затрачено 18,7 мл 0,05250 н раствора тиосульфата натрия. Рассчитайте массовую долю иода в образце.
22. К навеске NaCl массой 0,1173 г прибавили 30 мл раствора  $\text{AgNO}_3$ , избыток которого оттитровали 3,20 мл раствора  $\text{NH}_4\text{CNS}$ ; 1 мл раствора  $\text{NH}_4\text{CNS}$  реагирует с 0,973 мл раствора  $\text{AgNO}_3$ . Рассчитайте титр по хлору и молярную концентрацию эквивалента раствора  $\text{AgNO}_3$ .

### Вариант 1

1. Дайте определения кислоты и основания по теории Бренстеда – Лоури.
2. Найдите концентрацию ионов  $[\text{OH}^-]$  в 0,5 М растворе бензойной кислоты.  $K_d(\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}) = 6,2 \cdot 10^{-5}$ .
3. Какова буферная емкость смеси, состоящей из 0,2 М  $\text{NH}_4\text{OH}$  и 0,3 М  $\text{NH}_4\text{Cl}$  по сильной кислоте и по сильному основанию?  $K_d(\text{NH}_4\text{OH}) = 1,76 \cdot 10^{-5}$ .

4. Что такое комплексное соединение?
5. Напишите выражение для константы нестойкости комплексного иона  $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$ .
6. Найдите концентрацию комплексообразователя и лигандов в 0,2 М растворе  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ .  $K_{\text{н}}([\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}) = 1,0 \cdot 10^{-24}$ .
7. Что такое реакция окисления-восстановления? Что такое окислительно-восстановительная полуреакция?
8. Чему равен окислительно-восстановительный потенциал системы  $\text{ClO}_3^-/\text{Cl}^-$  в кислой среде при  $[\text{H}^+] = 0,1$  моль/л,  $[\text{ClO}_3^-] = [\text{Cl}^-] = 2$  моль/л?  $\varphi^0(\text{ClO}_3^-/\text{Cl}^-) = 1,45$  В.
9. Выведите формулу произведения растворимости.
10. Какой из карбонатов будет выпадать первым, если в раствор, содержащий нитраты серебра, кальция и бария концентрации 0,2 моль/л, добавлять карбонат натрия?
11. Выпадает ли осадок при смешении равных объемов 0,005 М растворов  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  и  $\text{NaCl}$ ?
12. Охарактеризуйте основные качественные методы анализа: пробирочный, капельный, микрокристаллоскопический. Приведите примеры.
13. Составьте схему анализа смеси катионов аммония, стронция и серебра по кислотно-щелочному методу.
14. Перечислите основные операции в гравиметрическом анализе в порядке их выполнения.
15. Чему равен гравиметрический фактор  $F$  при определении  $\text{Ag}_2\text{O}$ , если в качестве весовой формы используется  $\text{AgCl}$ ?
16. Из навески сплава массой 0,4466 г, содержащего серебро, после соответствующей обработки получили 0,2675 г  $\text{AgCl}$ . Чему равна массовая доля (%)  $\text{Ag}$  в сплаве?
17. В чем сущность титриметрического анализа? Перечислите основные требования, предъявляемые к реакциям в титриметрии.
18. Чему равна нормальность 30 % раствора  $\text{NaOH}$  плотностью 1,328 г/см<sup>3</sup>?
19. На титрование раствора, содержащего 0,75 г технического  $\text{NaOH}$ , израсходовали 18 мл 0,976 н раствора  $\text{HCl}$ . Рассчитайте массовую долю  $\text{NaOH}$  в образце.
20. Для определения содержания алюминия к анализируемому раствору добавили 25,0 мл 0,040 М раствора ЭДТА. На титрование избытка ЭДТА было израсходовано 5,00 мл 0,035 М раствора  $\text{ZnSO}_4$ . Вычислите массу (г) алюминия в анализируемом растворе.
21. Сколько процентов железа содержится в железной проволоке, если после растворения 0,1400 г ее в серной кислоте без доступа воздуха на титрование полученного раствора израсходовано 24,85 мл 0,1 н раствора перманганата калия?
22. Какая масса  $\text{KCl}$  содержится в 250 мл раствора, если на титрование 25 мл его израсходовано 17 мл 0,05252 н  $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$ ?

## Вариант 2

1. Что такое амфолиты? Приведите примеры.
2. Найдите концентрацию ионов  $[H^+]$  в 0,05 М растворе КОН.
3. Какова буферная емкость смеси, состоящей из 0,2 М HCN и 0,1 М KCN по сильной кислоте и по сильному основанию?  $K_d(\text{HCN}) = 6,2 \cdot 10^{-10}$ .
4. Какие факторы влияют на устойчивость комплексных соединений?
5. Напишите выражение для константы нестойкости комплексного иона  $[\text{Hg}(\text{NH}_3)_2]^{2+}$ .
6. Найдите концентрацию комплексообразователя и лигандов в 0,2 М растворе  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ .  $K_n([\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+) = 9,3 \cdot 10^{-8}$ .
7. Как можно изменить направление реакции окисления-восстановления?
8. Чему равен окислительно-восстановительный потенциал системы  $\text{SO}_4^{2-}/\text{H}_2\text{S}$  в кислой среде при  $[H^+] = 0,1$  моль/л,  $[\text{SO}_4^{2-}] = [\text{H}_2\text{S}] = 2$  моль/л?  $\varphi^0(\text{SO}_4^{2-}/\text{H}_2\text{S}) = 0,303$  В.
9. Как влияет одноименный ион на растворимость осадка?
10. Какой из гидроксидов будет выпадать первым, если в раствор, содержащий нитраты цинка, кадмия и свинца концентрации 0,2 моль/л, добавлять гидроксид натрия?
11. Выпадает ли осадок при смешении равных объемов 0,001 М растворов  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  и  $\text{NaCl}$ ?
12. Что такое дробный и систематический ходы анализа?
13. Составьте схему анализа смеси катионов калия, стронция и серебра по кислотно-щелочному методу.
14. Какие факторы влияют на величину навески анализируемого вещества в гравиметрическом анализе?
15. Чему равен гравиметрический фактор  $F$  при определении  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , если в качестве весовой формы используется  $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$ ?
16. Каково содержание CaO в известняке, если при определении кальция из навески 0,4 г получено 0,434 г  $\text{CaSO}_4$ ?
17. Приведите классификацию методов титриметрии по типу химической реакции.
18. Рассчитай объем 70 % раствора серной кислоты с плотностью 1,610 г/мл, необходимого для приготовления 250 мл 0,2 н раствора.
19. На титрование раствора, содержащего 0,155 г технического КОН, израсходовали 27 мл 0,0976 н раствора HCl. Рассчитайте массовую долю КОН в образце.

20. Навеску  $MgCl_2$ , равную 0,3167 г, растворили в мерной колбе вместимостью 250,0 мл. На титрование 20,0 мл этого раствора израсходовали 8,2 мл 0,0250 М раствора ЭДТА. Рассчитайте в процентах массовую долю хлорида магния в исследуемом образце соли.

21. Сколько граммов хлорида кальция содержится в 250 мл раствора  $CaCl_2$ , если после прибавления к 25 мл его 40 мл 0,1 н раствора  $(NH_4)_2C_2O_4$  и после отделения образовавшегося осадка  $CaC_2O_4$  на титрование не вошедшего в реакцию  $(NH_4)_2C_2O_4$  израсходовано 15 мл 0,02 н раствора  $KMnO_4$ ?

22. Навеску технического  $BaCl_2$  массой 6,7 г растворили в мерной колбе вместимостью 100 мл. На титрование 25 мл раствора израсходовали 23,95 мл раствора  $AgNO_3$  ( $T(AgNO_3) = 0,008048$  г/мл). Вычислите массовую долю (%)  $BaCl_2$  в образце.

### Вариант 3

1. Дайте определение и приведите примеры протопфильных и амфипротонных растворителей.

2. Найдите концентрацию ионов  $[H^+]$  в 0,5 М растворе бензойной кислоты.  $K_d(C_6H_5COOH) = 6,2 \cdot 10^{-5}$ .

3. Какова буферная емкость смеси, состоящей из 0,3 М  $NH_4OH$  и 0,4 М  $NH_4Cl$  по сильной кислоте и по сильному основанию?  $K_d(NH_4OH) = 1,76 \cdot 10^{-5}$ .

4. Какие принципы могут быть положены в основу классификации комплексных соединений?

5. Напишите выражение для константы нестойкости комплексного иона  $[Ag(NH_3)_2]^+$ .

6. Найдите концентрацию комплексообразователя и лигандов в 0,2 М растворе  $[Hg(CNS)_4]^{2-}$ .  $K_n([Hg(CNS)_4]^{2-}) = 1,3 \cdot 10^{-21}$ .

7. Что называется электродным потенциалом?

8. Чему равен окислительно-восстановительный потенциал системы  $BrO_3^-/Br^-$  в кислой среде при  $[H^+] = 0,1$  моль/л,  $[BrO_3^-] = [Br^-] = 2$  моль/л?  $\varphi^0(BrO_3^-/Br^-) = 1,45$  В.

9. Выведите формулу для расчета растворимости соединения  $A_mB_n$ .

10. Какой из гидроксидов будет выпадать первым, если в раствор, содержащий хлориды алюминия, хрома и меди концентрации 0,2 моль/л, добавлять гидроксид калия?

11. Выпадает ли осадок при смешении равных объемов 0,0012 М растворов  $AgNO_3$  и  $KBr$ ?

12. Приведите примеры различных аналитических классификаций катионов по группам.

13. Составьте схему анализа смеси катионов натрия, стронция и серебра по кислотно-щелочному методу.

14. Назовите основные методы гравиметрических определений.

15. Чему равен гравиметрический фактор  $F$  при анализе  $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ , если в качестве весовой формы используется  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ?
16. Рассчитайте навеску руды для гравиметрического определения железа в виде оксида железа, если его содержание в руде составляет 20 %.
17. Приведите классификацию методов титриметрии по способу титрования.
18. Рассчитайте массу трилона Б ( $\text{Na}_2\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{O}_8\text{N}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) для приготовления 500 мл 0,05 М раствора.
19. При титровании  $\text{H}_3\text{PO}_4$  с фенолфталеином израсходовано 20,4 мл 0,15 н. NaOH. Чему равна масса  $\text{H}_3\text{PO}_4$  в растворе?
20. Навеску массой 0,55 г, содержащую магний, растворили в кислоте. На титрование раствора израсходовали 18 мл 0,976 н раствора ЭДТА. Чему равна массовая доля магния в образце?
21. Для определения  $\text{H}_2\text{S}$  к 25 мл раствора его прибавили 50 мл 0,01960 н раствора йода, после чего избыток не вошедшего в реакцию йода оттитровали 0,02040 н раствором тиосульфата, которого затрачено 11 мл. Сколько граммов  $\text{H}_2\text{S}$  содержится в 1 л исследуемого раствора?
22. Навеску технического KBr массой 0,3838 г растворили в воде и раствор оттитровали 23,80 мл раствора  $\text{AgNO}_3$  ( $T(\text{AgNO}_3/\text{Cl}) = 0,003546$ ). Вычислить массовую долю (%) KBr в образце.

#### Вариант 4

1. Что такое реакция автопротолиза? Что такое константа автопротолиза?
2. Найдите pH 0,5 М раствора бензойной кислоты.  $K_d(\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}) = 6,2 \cdot 10^{-5}$ .
3. Какова буферная емкость смеси, состоящей из 0,1 М HCN и 0,2 М KCN по сильной кислоте и по сильному основанию?  $K_d(\text{HCN}) = 6,2 \cdot 10^{-10}$ .
4. Назовите основные типы комплексных соединений.
5. Напишите выражение для константы нестойкости комплексного иона  $[\text{AgCl}_4]^{3-}$ .
6. Найдите концентрацию комплексообразователя и лигандов в 0,2 М растворе  $[\text{HgBr}_4]^{2-}$ .  $K_n([\text{HgBr}_4]^{2-}) = 2,3 \cdot 10^{-22}$ .
7. Что такое стандартный электродный потенциал?
8. Чему равен окислительно-восстановительный потенциал системы  $\text{BrO}_3^-/\text{Br}_2$  в кислой среде при  $[\text{H}^+] = 0,1$  моль/л,  $[\text{BrO}_3^-] = [\text{Br}_2] = 2$  моль/л?  $\varphi^0(\text{BrO}_3^-/\text{Br}_2) = 1,52$  В.
9. Сформулируйте условия образования и растворения осадка.
10. Какой из гидроксидов будет выпадать первым, если в раствор, содержащий нитраты цинка, кобальта и меди концентрации 0,2 моль/л, добавлять гидроксид бария?

11. Выпадает ли осадок при смешении равных объемов 0,0012 М растворов  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  и  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ?
12. Что такое аналитический сигнал, аналитическая реакция?
13. Составьте схему анализа смеси катионов аммония, бария и серебра по кислотно-щелочному методу анализа.
14. Приведите примеры важнейших органических и неорганических осадителей, применяемых в гравиметрии.
15. Чему равен гравиметрический фактор  $F$  при анализе  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ , если в качестве весовой формы используется  $\text{CaO}$ ?
16. Рассчитайте массу силикатной породы, содержащей около 5 %  $\text{CaO}$ , которая необходима при гравиметрическом анализе для получения 0,3 г  $\text{CaSO}_4$ .
17. Перечислите способы выражения концентрации растворов в титриметрическом анализе.
18. Чему равна масса ЭДТА ( $\text{Na}_2\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{O}_8\text{N}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), которая содержится в 600 мл раствора с титром 0,002038 г/мл?
19. При титровании  $\text{H}_3\text{PO}_4$  с метилоранжем израсходовано 20,4 мл 0,15 н  $\text{NaOH}$ . Чему равна масса  $\text{H}_3\text{PO}_4$  в растворе?
20. К 10,0 мл серной кислоты добавлен избыток хлорида бария. Осадок отфильтрован, промыт и растворен в 50,0 мл 0,05 М раствора ЭДТА. Избыток ЭДТА оттитровали 20,5 мл 0,04 н раствора сульфата магния. Определить молярную концентрацию раствора серной кислоты.
21. Определить массовую долю олова в бронзе, если на титрование раствора, полученного из 0,9122 г бронзы, израсходовали 15,73 мл 0,03523 н  $\text{I}_2$ .
22. Навеску йодоформа  $\text{CH}_3\text{I}$  массой 0,3501 г, содержащего примеси, растворили в этиловом спирте и добавили 40 мл 0,1082 М раствора нитрата серебра и концентрированной азотной кислоты. Избыток нитрата серебра оттитровали 18,2 мл роданида калия ( $T = 0,009699$  г/мл). Определить массовую долю (%) йодоформа в пробе.

### Вариант 5

1. Что такое буферные растворы, из чего они состоят?
2. Найдите pH 0,02 М раствора  $\text{KOH}$ .
3. Какова буферная емкость смеси, состоящей из 0,3 М  $\text{HCN}$  и 0,2 М  $\text{KCN}$  по сильной кислоте и по сильному основанию?  $K_d(\text{HCN}) = 6,2 \cdot 10^{-10}$ .
4. Что такое однолигандные и разнолигандные комплексы? Приведите примеры.
5. Напишите выражение для константы нестойкости комплексного иона  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^{2+}$ .



6. Найдите концентрацию комплексообразователя и лигандов в 0,2 М растворе  $[\text{Co}(\text{CNS})_4]^{2-}$ .  $K_{\text{н}}([\text{Co}(\text{CNS})_4]^{2-}) = 6,3 \cdot 10^{-3}$ .
7. Сформулируйте правила записи гальванического элемента.
8. Чему равен окислительно-восстановительный потенциал системы  $\text{ClO}_3^-/\text{Cl}_2$  в кислой среде при  $[\text{H}^+] = 0,1$  моль/л,  $[\text{ClO}_3^-] = [\text{Cl}_2] = 2$  моль/л?  $\varphi^0(\text{ClO}_3^-/\text{Cl}_2) = 1,47$  В.
9. Как влияет температура на растворимость осадка?
10. Какой из хлоридов будет выпадать первым, если в раствор, содержащий нитраты серебра, ртути и свинца концентрации 0,2 моль/л, добавлять хлорид бария?
11. Выпадает ли осадок при смешении равных объемов 0,0012 М растворов  $\text{AgNO}_3$  и  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ?
12. Какие виды анализа различают в качественном анализе?
13. Составьте схему анализа смеси катионов аммония, кальция и серебра по кислотно-щелочному методу анализа.
14. Перечислите основные требования, предъявляемые к осаждаемой форме.
15. Рассчитайте гравиметрический фактор при определении трихлорэтилена по схеме  $\text{C}_2\text{HCl}_3 \rightarrow \text{NaCl} \rightarrow \text{AgCl}$ .
16. Из навески цемента массой 1,5 г получили 0,2105 г  $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$ . Вычислите массовую долю (%)  $\text{MgO}$  в цементе.
17. Что такое кривая титрования, точка эквивалентности, конечная точка титрования? В каких координатах строятся кривые титрования в различных методах титриметрии?
18. Сколько граммов  $\text{BaCl}_2$  необходимо взять для приготовления 100 мл раствора хлорида бария с титром 0,006492 г/мл?
19. На титрование 25,00 мл раствора серной кислоты расходуется 28,65 мл 0,1174 н  $\text{NaOH}$ . Чему равна масса  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в растворе?
20. При титровании 50,0 мл раствора магния израсходовано 8,7 мл 0,015 М раствора ЭДТА. Рассчитайте концентрацию магния в растворе (мг/л).
21. Навеска минерала массой 0,2235 г, содержащего железо, после растворения и восстановления железа оттитрована 10,1 мл 0,1572 н раствора бихромата калия. Рассчитайте массовую долю железа (%) в минерале.
22. Навеска 3 г технического хлорида натрия перенесена в мерную колбу объемом 250 мл, растворена в воде. Полученный раствор доведен до метки. К 20 мл полученного раствора добавили 50 мл 0,1 н  $\text{AgNO}_3$ , затем избыток  $\text{AgNO}_3$  оттитровали 12,5 мл 0,1 н  $\text{NH}_4\text{CNS}$ . Рассчитать массовую долю  $\text{NaCl}$  в образце.

## Вариант 6

1. Приведите пример использования буферного раствора в аналитической химии.
2. Найдите концентрацию ионов  $[\text{OH}^-]$  в 0,05 М растворе  $\text{HNO}_3$ .
3. Какова буферная емкость смеси, состоящей из 0,3 М  $\text{NH}_4\text{OH}$  и 0,2 М  $\text{NH}_4\text{Cl}$  по сильной кислоте и по сильному основанию?  $K_d(\text{NH}_4\text{OH}) = 1,76 \cdot 10^{-5}$ .
4. Что называется внутриккомплексным соединением? Приведите примеры.
5. Напишите выражение для константы нестойкости комплексного иона  $[\text{Cd}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ .
6. Найдите концентрацию комплексообразователя и лигандов в 0,2 М растворе  $[\text{HgI}_4]^{2-}$ .  $K_n([\text{HgI}_4]^{2-}) = 1,5 \cdot 10^{-30}$ .
7. Напишите уравнение Нернста и поясните значения всех входящих в него величин.
8. Чему равен окислительно-восстановительный потенциал системы  $\text{NO}_3^-/\text{NO}_2$  в кислой среде при  $[\text{H}^+] = 0,1$  моль/л,  $[\text{NO}_3^-] = [\text{NO}_2] = 2$  моль/л?  $\varphi^0(\text{NO}_3^-/\text{NO}_2) = 0,80$  В.
9. Каковы причины растворимости малорастворимых соединений:  
а) в кислотах; б) в щелочах?
10. Какой из иодидов будет выпадать первым, если в раствор, содержащий нитраты серебра, ртути и свинца концентрации 0,2 моль/л, добавлять иодид калия?
11. Выпадает ли осадок при смешении равных объемов 0,0012 М растворов  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  и  $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ?
12. Что такое микрокристаллоскопическая реакция? Приведите пример.
13. Составьте схему анализа смеси катионов аммония, стронция и свинца по кислотно-щелочному методу.
14. Перечислите основные требования, предъявляемые к гравиметрической (весовой) форме.
15. Рассчитайте гравиметрический фактор при определении  $\text{CaC}_2$  по схеме  $\text{CaC}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{C}_2 \rightarrow \text{Ag}_2\text{C}_2 \rightarrow \text{AgCl}$ .
16. Из навески каменного угля массой 2,6248 г после соответствующей обработки получили 0,3248 г  $\text{BaSO}_4$ . Вычислите массовую долю (%) серы в каменном угле.
17. Назовите основные типы индикаторов, применяемых в окислительно-восстановительном титровании.
18. Вычислите молярную концентрацию и молярную концентрацию эквивалента 20 % раствора хлорида кальция плотностью 1,178 г/см<sup>3</sup>.
19. Неизвестное количество  $\text{NH}_4\text{OH}$  прибавлено к 20 мл  $\text{HCl}$  (титр  $T(\text{HCl}) = 0,009135$  г/мл) и избыток  $\text{HCl}$  оттитрован 7,50 мл  $\text{NaOH}$  с концентрацией  $C(\text{NaOH}) = 0,2003$  моль/л. Определите массовое содержание (г)  $\text{NH}_4\text{OH}$ .

20. На титрование 10,0 мл раствора  $ZnSO_4$  израсходовано 8,6 мл 0,025 М раствора ЭДТА. Чему равен титр раствора  $ZnSO_4$ ?
21. Для определения сероводорода к 20,0 мл раствора прибавили 20,0 мл раствора иода с концентрацией 0,0478 н, после чего избыток не вошедшего в реакцию иода оттитровали 10,0 мл 0,05 н раствора тиосульфата натрия. Найдите массу сероводорода в 100 мл исследуемого раствора.
22. После прибавления к 20 мл раствора  $BaCl_2$  30 мл 0,1150 М  $AgNO_3$  на обратное титрование избытка  $AgNO_3$  израсходовано 15 мл 0,089 М  $NH_4SCN$ . Найдите массу  $BaCl_2$ , которая содержится в 100 мл раствора.

### Вариант 7

1. Что такое буферная емкость?
2. Найдите pH 0,05 М раствора  $HNO_3$ .
3. Какова буферная емкость смеси, состоящей из 0,1 М  $NH_4OH$  и 0,2 М  $NH_4Cl$  по сильной кислоте и по сильному основанию?  $K_d(NH_4OH) = 1,76 \cdot 10^{-5}$ .
4. Приведите примеры использования реакций комплексообразования для растворения хлоридов серебра и ртути (I).
5. Напишите выражение для константы нестойкости комплексного иона  $[Co(NH_3)_6]^{2+}$ .
6. Найдите концентрацию комплексообразователя и лигандов в 0,2 М растворе  $[Fe(CNS)_4]^-$ .  $K_n([Fe(CNS)_4]^-) = 2,9 \cdot 10^{-5}$ .
7. Как определить направление реакции окисления-восстановления?
8. Чему равен окислительно-восстановительный потенциал системы  $NO_3^-/NO_2^-$  в кислой среде при  $[H^+] = 0,1$  моль/л,  $[NO_3^-] = [NO_2^-] = 2$  моль/л?  $\varphi^0(NO_3^-/NO_2^-) = 0,94$  В.
9. Что такое окклюзия?
10. Какой из карбонатов будет выпадать первым, если в раствор, содержащий нитраты серебра, свинца и стронция концентрации 0,2 моль/л, добавлять карбонат калия?
11. Выпадает ли осадок при смешении равных объемов 0,0012 М растворов  $FeCl_2$  и  $Na_2S$ ?
12. Какие общие аналитические реакции характерны для катионов IV–VI аналитических групп в кислотно-щелочной схеме анализа?
13. Составьте схему анализа смеси катионов натрия, бария и свинца по кислотно-щелочному методу.
14. Что такое гравиметрический фактор?
15. Рассчитайте гравиметрический фактор, если при определении оксида алюминия гравиметрической формой служило соединение  $Al(C_9H_6NO)_3$ .

16. Какую навеску латуни, содержащей 5 % олова, следует взять для гравиметрического определения его в виде диоксида?
17. Что такое скачок титрования? Как по величине скачка титрования правильно выбрать индикатор для кислотно-основного титрования?
18. Вычислите молярную концентрацию эквивалента и молярную концентрацию 20,8 % раствора  $\text{HNO}_3$  плотностью  $1,12 \text{ г/см}^3$ .
19. Навеска уксусной кислоты массой  $1,00 \text{ г}$  растворена в мерной колбе вместимостью  $200 \text{ мл}$ . На титрование  $20 \text{ мл}$  этого раствора израсходовали  $15,50 \text{ мл}$  раствора  $\text{NaOH}$  с титром  $T(\text{NaOH}) = 0,004088 \text{ г/мл}$ . Вычислите массовую долю уксусной кислоты в образце.
20. На титрование  $25,0 \text{ мл}$   $0,04976 \text{ н}$  раствора  $\text{MgSO}_4$  затрачено  $18,3 \text{ мл}$  раствора ЭДТА. Рассчитайте молярную концентрацию эквивалента раствора ЭДТА.
21. На титрование иода, выделившегося из раствора иодида калия после взаимодействия с  $0,1207 \text{ г}$   $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ , затрачено  $21,8 \text{ мл}$  раствора тиосульфата натрия. Найдите нормальность раствора  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ .
22. Определить массовую долю хлорида калия в  $0,3 \text{ г}$  сильвинита, если на титрование  $25 \text{ мл}$  раствора сильвинита пошло  $21,3 \text{ мл}$   $0,0514 \text{ н}$  раствора  $\text{AgNO}_3$ .

### Вариант 8

1. Что такое водородный показатель pH? Какие значения он принимает в кислых и щелочных средах?
2. Найдите концентрацию ионов  $[\text{H}^+]$  в  $0,02 \text{ М}$  растворе  $\text{NH}_4\text{OH}$ .  $K_d(\text{NH}_4\text{OH}) = 1,75 \cdot 10^{-5}$ .
3. Какова буферная емкость смеси, состоящей из  $0,3 \text{ М}$   $\text{CH}_3\text{COOH}$  и  $0,2 \text{ М}$   $\text{CH}_3\text{COONa}$  по сильной кислоте и по сильному основанию?  $K_d(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1,8 \cdot 10^{-5}$ .
4. Приведите примеры использования реакции комплексообразования для обнаружения ионов железа (II) и (III).
5. Напишите выражение для константы нестойкости комплексного иона  $[\text{AgBr}_4]^{3-}$ .
6. Найдите концентрацию комплексообразователя и лигандов в  $0,2 \text{ М}$  растворе  $[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-}$ .  $K_n([\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-}) = 1,0 \cdot 10^{-31}$ .
7. Назовите основные окислители и восстановители, используемые для разделения и обнаружения ионов. Напишите соответствующие полуреакции.
8. Чему равен окислительно-восстановительный потенциал системы  $\text{NO}_3^-/\text{NO}$  в кислой среде при  $[\text{H}^+] = 0,1 \text{ моль/л}$ ,  $[\text{NO}_3^-] = [\text{NO}] = 2 \text{ моль/л}$ ?  $\varphi^0(\text{NO}_3^-/\text{NO}) = 0,96 \text{ В}$ .
9. Что такое изоморфизм?
10. Какой из сульфидов будет выпадать первым, если в раствор, содержащий нитраты серебра, свинца и ртути концентрации  $0,2 \text{ моль/л}$ , добавлять сульфид калия?

11. Выпадает ли осадок при смешении равных объемов 0,0012 М растворов NaF и AgNO<sub>3</sub>?
12. Какие реагенты называются групповыми, специфическими, селективными?
13. Составьте схему анализа смеси катионов калия, стронция и серебра по кислотно-щелочному методу.
14. Приведите пример расчета величины навески определяемого вещества в гравиметрии.
15. Рассчитайте гравиметрический фактор, если при определении В<sub>2</sub>О<sub>3</sub> гравиметрической формой служило соединение K[BF<sub>4</sub>].
16. В результате анализа образца технического железного купороса массой 0,9200 г получили прокаленный осадок Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> массой 0,2545 г. Рассчитайте массовую долю (%) FeO в железном купоросе.
17. Какие индикаторы применяются для обнаружения точки эквивалентности в кислотно-основных методах титрования?
18. Какой объем 20 % раствора HCl с плотностью 1,100 г/см<sup>3</sup> требуется для приготовления 1 дм<sup>3</sup> 10 % раствора плотностью 1,050 г/см<sup>3</sup>?
19. Какой объем 0,09950 М раствора NaOH потребуется для нейтрализации примеси муравьиной кислоты в формалине, навеска которого равна 10,00 г? Массовая доля кислоты составляет 0,4 %.
20. Навеску массой 0,155 г, содержащую цинк, растворили в кислоте. На титрование раствора израсходовали 27 мл 0,0976 н раствора ЭДТА. Рассчитайте массовую долю цинка в растворе.
21. Для определения содержания NaClO в бытовом жидком отбеливателе 25 мл анализируемого раствора разбавили водой, раствор подкислили, добавили к нему избыток иодида калия и оттитровали выделившийся иод раствором тиосульфата натрия. На титрование израсходовано 40,5 мл 0,1050 М раствора Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Вычислить массовую долю NaClO в анализируемом растворе, считая плотность раствора равной единице.
22. Определить массовую долю серебра в сплаве, если после растворения навески массой 0,354 г в азотной кислоте на титрование полученного раствора израсходовано 25,8 мл 0,0981 н раствора NH<sub>4</sub>SCN.

### Вариант 9

1. Дайте определение кислотно-основной реакции и сопряженной кислотно-основной пары.
2. Найдите концентрацию ионов [OH<sup>-</sup>] в 0,02 М растворе NH<sub>4</sub>OH.  $K_d(\text{NH}_4\text{OH}) = 1,75 \cdot 10^{-5}$ .
3. Какова буферная емкость смеси, состоящей из 0,3 М CH<sub>3</sub>COOH и 0,4 М CH<sub>3</sub>COONa по сильной кислоте и по сильному основанию?  $K_d(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1,8 \cdot 10^{-5}$ .
4. Приведите примеры использования реакции комплексообразования для маскировки ионов железа (III).

5. Напишите выражение для константы нестойкости комплексного иона  $[\text{Ag}(\text{SCN})_4]^{3-}$ .
6. Найдите концентрацию комплексообразователя и лигандов в 0,2 М растворе  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$ .  $K_{\text{н}}([\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+}) = 7,7 \cdot 10^{-6}$ .
7. Приведите примеры использования окислительно-восстановительных реакций для растворения малорастворимых соединений.
8. Чему равен окислительно-восстановительный потенциал системы  $\text{IO}_3^-/\text{I}_2$  в кислой среде при  $[\text{H}^+] = 0,1$  моль/л,  $[\text{IO}_3^-] = [\text{I}_2] = 2$  моль/л?  $\varphi^0(\text{IO}_3^-/\text{I}_2) = 1,19$  В.
9. Приведите примеры использования реакций осаждения в аналитической химии.
10. Какой из сульфатов будет выпадать первым, если в раствор, содержащий нитраты серебра, кальция и свинца концентрации 0,2 моль/л, добавлять сульфат натрия?
11. Выпадает ли осадок при смешении равных объемов 0,0012 М растворов  $\text{K}_2\text{S}$  и  $\text{CoCl}_2$ ?
12. Какие групповые реагенты применяют для осаждения катионов I–III групп в кислотно-щелочной схеме анализа?
13. Составьте схему анализа смеси катионов аммония, кальция и ртути (I) по кислотно-щелочному методу.
14. Перечислите основные причины загрязнения осадков при гравиметрическом анализе.
15. Рассчитайте гравиметрический фактор, если при определении  $\text{K}_2\text{O}$  гравиметрической формой служило соединение  $\text{K}_2[\text{PtCl}_6]$ .
16. В растворе хлорида калия осадили хлор в виде  $\text{AgCl}$ . Масса высушенного осадка оказалась равной 0,1670 г. Вычислите массовую долю (%) ионов  $\text{Cl}^-$  в анализируемом растворе.
17. Объясните принцип действия и выбора металлоиндикатора в комплексонометрическом титровании?
18. Какой объем 50 % раствора  $\text{KOH}$  плотностью 1,38 г/см<sup>3</sup> требуется для приготовления 3 дм<sup>3</sup> 6 % раствора плотностью 1,048 г/см<sup>3</sup>?
19. Содержание муравьиной кислоты в формальдегиде составляет 0,025 %. Какую навеску продукта нужно взять для анализа, чтобы на титрование расходовалось не менее 1 мл 0,05 М раствора  $\text{KOH}$ ?
20. К 15,0 мл серной кислоты добавлен избыток хлорида бария. Осадок отфильтрован, промыт и растворен в 40,0 мл 0,055 М раствора ЭДТА. Избыток ЭДТА оттитровали 18,5 мл 0,035 н раствора сульфата магния. Определите молярную концентрацию раствора серной кислоты.
21. Из навески руды массой 0,5100 г медь после ряда операций была переведена в раствор в виде  $\text{Cu}^{2+}$ . При добавлении к этому раствору иодида калия выделился иод, на титрование которого пошло 14,10 мл тиосульфата натрия, имеющего титр по меди  $T(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3/\text{Cu}) = 0,0065$  г/мл. Рассчитать массовую долю меди (%) в анализируемой руде.
22. Определите процентное содержание серебра в сплаве, если после растворения 0,6540 г навески сплава на титрование израсходовано 21,4 мл раствора 0,25 М  $\text{KCl}$ .

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Алексеев, В. Н.** Количественный анализ [Текст] / В. Н. Алексеев – М. : Химия, 1972. – 504 с.
2. **Алексеев, В. Н.** Курс качественного химического полумикроанализа [Текст] / В. Н. Алексеев. – М. : Химия, 1973. – 584 с.
3. **Васильев, В. П.** Аналитическая химия [Текст] : учебник для студ. химико-технол. спец. вузов : в 2 ч. / В. П. Васильев. – М. : Высш. шк., 1989.  
Ч. 1 : Гравиметрический и титриметрический методы анализа. – 320 с.
4. **Васильев, В. П.** Аналитическая химия. Сборник вопросов, упражнений и задач [Текст] : пособие для вузов / В. П. Васильев, Л. А. Кочергина, Т. В. Орлова ; под ред. В. П. Васильева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Дрофа, 2003. – 320 с.
5. **Основы аналитической химии** [Текст] : учебник для вузов : в 2 кн. / Ю. А. Золотов [и др.] ; под ред. Ю. А. Золотова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. шк., 2002.  
Кн. 1 : Общие вопросы. Методы разделения. – 351 с.
6. **Основы аналитической химии** [Текст] : учебник для вузов : в 2 кн. / Ю. А. Золотов [и др.] ; под ред. Ю. А. Золотова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. шк., 2002.  
Кн. 2 : Методы химического анализа. – 494 с.
7. **Основы аналитической химии. Задачи и вопросы** [Текст] : учеб. пособие для вузов / В. И. Фадеева [и др.] ; под ред. Ю. А. Золотова. – М. : Высш. шк., 2002. – 412 с.
8. **Пилипенко, А. Т.** Аналитическая химия [Текст] : в 2 кн. / А. Т. Пилипенко, И. В. Пятницкий. – М. : Химия, 1990.  
Кн. 1 : 480 с.
9. **Пилипенко, А. Т.** Аналитическая химия [Текст] : в 2 кн. / А. Т. Пилипенко, И. В. Пятницкий – М. : Химия, 1990.  
Кн. 2 : 481–846 с.
10. **Харитонов, Ю. Я.** Аналитическая химия (аналитика) [Текст] : учебник для вузов : в 2 кн. / Ю. Я. Харитонов. – 3-е изд., испр. – М. : Высш. шк., 2005.  
Кн. 1 : Общие теоретические вопросы. Качественный анализ. – 615 с.
11. **Харитонов, Ю. Я.** Аналитическая химия (аналитика) [Текст] : учебник для вузов : в 2 кн. / Ю. Я. Харитонов. – 3-е изд., испр. – М. : Высш. шк., 2005.  
Кн. 2 : Количественный анализ. Физико-химические (инструментальные методы анализа). – 559 с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### Произведения растворимости (ПР)

(водная среда, 25 °С)

Вещество	ПР	Вещество	ПР	Вещество	ПР
AgBr	$5,0 \cdot 10^{-13}$	AgBrO <sub>3</sub>	$5,8 \cdot 10^{-5}$	Ag <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	$8,7 \cdot 10^{-12}$
Ag <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	$1,1 \cdot 10^{-11}$	AgCl	$1,8 \cdot 10^{-10}$	Ag <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	$1,2 \cdot 10^{-12}$
Ag <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	$2,0 \cdot 10^{-7}$	AgI	$2,3 \cdot 10^{-16}$	Ag <sub>2</sub> S	$7,2 \cdot 10^{-50}$
Al(OH) <sub>3</sub>	$5,7 \cdot 10^{-32}$	BaCO <sub>3</sub>	$4,9 \cdot 10^{-9}$	BaCrO <sub>4</sub>	$1,1 \cdot 10^{-10}$
BaSO <sub>3</sub>	$8,0 \cdot 10^{-7}$	BaSO <sub>4</sub>	$1,8 \cdot 10^{-10}$	BaWO <sub>4</sub>	$5,0 \cdot 10^{-9}$
Be(OH) <sub>2</sub>	$8,0 \cdot 10^{-22}$	Bi(OH) <sub>3</sub>	$3,0 \cdot 10^{-36}$	Bi <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	$8,9 \cdot 10^{-105}$
CaCO <sub>3</sub>	$4,4 \cdot 10^{-9}$	CaF <sub>2</sub>	$4,0 \cdot 10^{-11}$	Ca(IO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	$1,9 \cdot 10^{-6}$
CaSO <sub>4</sub>	$3,7 \cdot 10^{-5}$	CaWO <sub>4</sub>	$1,6 \cdot 10^{-9}$	Cd(OH) <sub>2</sub>	$2,2 \cdot 10^{-14}$
CdS	$6,5 \cdot 10^{-28}$	Co(OH) <sub>2</sub>	$1,6 \cdot 10^{-15}$	CoS	$1,8 \cdot 10^{-20}$
Cr(OH) <sub>3</sub>	$1,1 \cdot 10^{-30}$	CuCN	$3,2 \cdot 10^{-20}$	CuCl	$2,2 \cdot 10^{-7}$
CuI	$1,1 \cdot 10^{-12}$	Cu(OH) <sub>2</sub>	$5,6 \cdot 10^{-20}$	CuS	$1,4 \cdot 10^{-36}$
Fe(OH) <sub>2</sub>	$7,9 \cdot 10^{-16}$	FeO(OH)*	$2,2 \cdot 10^{-42}$	FeS	$3,4 \cdot 10^{-17}$
Hg <sub>2</sub> Br <sub>2</sub> **	$7,9 \cdot 10^{-23}$	Hg <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> **	$1,5 \cdot 10^{-18}$	Hg <sub>2</sub> I <sub>2</sub> **	$5,4 \cdot 10^{-29}$
HgS	$1,4 \cdot 10^{-45}$	KIO <sub>4</sub>	$8,3 \cdot 10^{-4}$	Li <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	$1,9 \cdot 10^{-3}$
LiF	$1,5 \cdot 10^{-3}$	Li <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	$3,2 \cdot 10^{-9}$	MgF <sub>2</sub>	$6,4 \cdot 10^{-9}$
Mg(OH) <sub>2</sub>	$6,0 \cdot 10^{-10}$	Mn(OH) <sub>2</sub>	$2,3 \cdot 10^{-13}$	MnS	$2,5 \cdot 10^{-10}$
Ni(OH) <sub>2</sub>	$1,6 \cdot 10^{-14}$	NiS	$9,3 \cdot 10^{-22}$	PbBr <sub>2</sub>	$5,0 \cdot 10^{-5}$
Pb(BrO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	$1,6 \cdot 10^{-4}$	PbC <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	$7,3 \cdot 10^{-11}$	PbCl <sub>2</sub>	$1,7 \cdot 10^{-5}$
PbCrO <sub>4</sub>	$2,8 \cdot 10^{-13}$	PbF <sub>2</sub>	$2,7 \cdot 10^{-8}$	PbI <sub>2</sub>	$8,7 \cdot 10^{-9}$
Pb(OH) <sub>2</sub>	$5,5 \cdot 10^{-16}$	PbS	$8,7 \cdot 10^{-29}$	PbSO <sub>4</sub>	$1,7 \cdot 10^{-8}$
RaSO <sub>4</sub>	$4,3 \cdot 10^{-11}$	SnS	$3,0 \cdot 10^{-28}$	SrCrO <sub>4</sub>	$2,7 \cdot 10^{-5}$
SrSO <sub>4</sub>	$2,1 \cdot 10^{-7}$	Tl <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	$4,0 \cdot 10^{-3}$	TlCl	$1,9 \cdot 10^{-4}$
Tl <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	$1,0 \cdot 10^{-12}$	Tl <sub>2</sub> S	$3,0 \cdot 10^{-9}$	Tl <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	$1,5 \cdot 10^{-4}$
Zn(OH) <sub>2</sub>	$3,0 \cdot 10^{-16}$	ZnS	$7,9 \cdot 10^{-24}$		