

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
Инженерно-физический факультет

**В.И. Митрофанова**

# **АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**

Методические указания для самостоятельной работы  
студентов направления подготовки  
18.03.01 «Химическая технология» (Часть 1)



Благовещенск

2021

*Рекомендовано*

*учебно-методическим советом университета*

*Рецензенты:*

*Лескова С.А., кандидат химических наук, доцент кафедры химии и химической технологии Амурского государственного университета;*

*Пакусина А.П., доктор химических наук, профессор Дальневосточного государственного аграрного университета*

***Составитель: Митрофанова В.И.***

**Аналитическая химия. Методические указания для самостоятельной работы (часть 1).** / Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2021. – 80 с.

Данное методическое руководство к самостоятельной работе по дисциплине «Аналитическая химия и физико-химические» методы анализа предназначено студентам направления подготовки 18.03.01 «Химическая технология».

Методические указания включают различные формы самостоятельной работы и методические рекомендации по нескольким основным темам дисциплины: «Введение в аналитическую химию», «Очистка вещества. Определение степени чистоты вещества» и «Качественный анализ». Учебно-методическое пособие содержит тематический перечень лекционного материала, практических и лабораторных работ, вопросы для собеседования и защите лабораторных работ, перечень вопросов к терминологическим диктантам и коллоквиумам, тестовые и расчетные индивидуальные задания. Также представлены тематика конспектов, вопросы к зачету (с оценкой) и литературные источники.

Представляемые рекомендации для самостоятельной работы студентов направлены на закрепление тех знаний, которые были получены на аудиторных занятиях, а также развитие у студентов творческих навыков, умения организации рабочего времени, поэтапное планирование подготовки материала по различным темам курса, и реализация запланированного в процессе реального времени обучения.

© Амурский государственный университет, 2021

© Митрофанова В. И., составитель

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
Тематика лекций.....	8
Методические рекомендации к составлению конспекта лекций.....	10
Вопросы для самоконтроля и собеседования по темам лекций.....	13
Примерная тематика лабораторных и практических занятий.....	17
Методические рекомендации для подготовки к выполнению лабораторных работ.....	19
Примерный перечень вопросов для допуска/защиты лабораторных работ.....	21
Методические рекомендации к выполнению проверочных работ.....	27
Примерный перечень вариантов различных форм самостоятельных работ.....	29
I Тесты.....	29
II Терминологические диктанты.....	54
III Контрольные лабораторные аналитические задачи.....	56
IV Домашние индивидуальные задания.....	59
Методические рекомендации к составлению и оформлению конспектов.....	71
Методические рекомендации для подготовки к экзамену или зачету с оценкой.....	73
Рекомендуемые литературные источники.....	77
Приложение.....	79

## ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Аналитическая химия и физико-химические методы анализа» (АХиФХМА) является базовой при подготовке бакалавров-технологов направления подготовки 18.03.01 «Химическая технология» и необходима для дальнейшего освоения других дисциплин химико-технологического содержания: физической и коллоидной химии, органической химии, а также общей химической технологии, химии нефти и газов и мн. др. Учебный план для направления подготовки 18.03.01 определяет довольно большой объем времени на самостоятельную подготовку – около 50 % времени, предусмотренного на изучение «Аналитической химии и фхма». Соответственно учебному плану и РП дисциплины необходимо использовать разные формы самостоятельной работы по всему курсу.

Так как программа дисциплины АХиФХМА включает довольно обширный материал для изучения, поэтому предлагаемые методические указания охватывают несколько основных тем: «Введение в аналитическую», «Очистка вещества. Определение степени чистоты вещества» и «Качественный анализ». Разделы – «Количественный анализ - гравиметрический и титриметрический» и – «Физико-химические методы анализа (инструментальные)» будут представлены в последующих учебно-методических пособиях.

Самостоятельная работа обучающегося многогранна и реализуется без преподавателя, но подготовка ее складывается из умения именно самим обучающимся организовывать эту работу в целом и умения подготовиться к конкретному виду занятий.

В процессе самостоятельной работы студент решает следующие задачи:

- работает с лекционным материалом, осуществляет поиск и анализ литературы и электронных источников информации по заданной проблеме;
- выполняет домашние задания;
- изучает темы, вынесенные на самостоятельную проработку;
- осуществляет подготовку к практическим и семинарским занятиям;
- готовится к терминологическим диктантам (ТД) и контрольным работам;

- работает над рефератом, презентацией и докладом;
- осуществляет подготовку к зачету или экзамену.

Творческая проблемно-ориентированная самостоятельная работа (ТСР) направлена на развитие интеллектуальных умений, комплекса универсальных (общекультурных) и профессиональных компетенций, повышение творческого потенциала студентов.

Кроме того, самостоятельная работа студентов заключается в работе с электронными версиями учебников и монографий, знакомстве студентов с нормативной документацией и новинками технической литературы в Интернете.

Обучающийся должен сам организовать свою самостоятельную работу и сам определять ее эффективность (результат). Таким образом, для эффективной организации самостоятельной работы обучающийся должен правильно планировать ее. Прежде всего, необходимо учесть время учебной деятельности, которое состоит из времени аудиторных занятий и времени самостоятельной работы. Аудиторные занятия – это строго определенное время, тогда как самостоятельная работа распределяется студентом «несколько произвольно» с учетом своих возможностей и желаний. Немаловажное место в организации самостоятельной работы имеет организация рабочего места. Основные требования к рабочему месту: гигиенические (проветренное, с хорошим освещением, чистое); рабочее место должно быть постоянным, рациональным, удобным и со спокойной обстановкой.

Самостоятельная работа также базируется на рациональной организации смены учебной деятельности и отдыха, в том числе организации полноценного выходного дня «как у всех». После полутора- или двухчасовой работы необходим перерыв в 10-20 минут, со сменой вида деятельности.

В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие *общепрофессиональные (ОПК) и профессиональные компетенции (ПК)*:

- - способностью и готовностью использовать основные законы естественно-научных дисциплин в профессиональной деятельности (ОПК-1);

➤ способностью проводить анализ сырья, материалов и готовой продукции, осуществлять оценку результатов анализа (ПК-10);

➤ способностью планировать и проводить физические и химические эксперименты, проводить обработку их результатов и оценивать погрешности, выдвигать гипотезы и устанавливать границы их применения, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования (ПК-16).

В результате освоения дисциплины Аналитическая химия и физико-химические методы анализа студент должен демонстрировать следующие результаты образования, определяемые стандартом специальности:

**Знать:** природу и сущность явлений, процессов в различных химических системах, лежащих в основе химических и физико-химических методов анализа; специфичность аналитического сигнала и особенности его измерения в различных методах анализа; основы определения чистоты вещества, химических методов качественного и количественного анализа (титриметрии и гравиметрии) - специфические реакции, действия групповых реагентов по кислотно-основной классификации, стадии гравиметрического определения; основные этапы качественного и количественного анализа; методы разделения и концентрирования веществ; основные положения учета погрешностей на всех стадиях выполнения анализа и расчета результатов анализа с учетом метрологических характеристик; методы метрологической обработки результатов анализа; основные положения, лежащие в основе выбора метода анализа и схемы анализа.

**Уметь:** выполнять качественный и количественный анализ химическими и физико-химическими методами на основе измерения величины аналитического сигнала; проводить качественный и количественный анализ органического или неорганического соединения с использованием химических и физико-химических методов анализа; выполнять анализ некоторых промышленных и природных объектов на основе самостоятельного выбора схемы анализа и методики его проведения; выбирать метод анализа для заданной аналитической задачи и провести статистическую обработку результатов аналитических определений;

оформлять результаты анализа с учетом метрологических характеристик; планировать и проводить химический и физико-химический эксперимент.

***Владеть:*** навыками приготовления растворов заданной концентрации различными способами (по точной навеске, из стандарт-титра, разбавлением); навыками гравиметрического и титриметрического анализа; методами работы на различных аналитических установках и приборах; навыками измерения аналитического сигнала; методами проведения химического анализа и метрологической оценки его результатов; методиками расчета результатов анализа; способами интерпретации результатов исследования.

## ТЕМАТИКА ЛЕКЦИЙ

### Модуль 1. Качественный и количественный анализ – 2 семестр

№ п/п	Наименование темы занятия	Количество часов
1	2	3
<b><i>Введение в аналитическую химию.</i></b>		
1	Понятие об аналитической химии, химическом и физико-химическом анализе. Аналитический сигнал. Основные этапы анализа.	4
2	Пробоотбор и пробоподготовка.	2
3	Статистическая обработка результатов анализа. Погрешности химического анализа.	2
4	Техника приготовления растворов заданных концентраций.	2
5	Методы разделения и концентрирования, осаждения.	2
<b><i>Очистка вещества. Определение степени чистоты вещества.</i></b>		
6	Физико-химические константы для определения чистоты вещества: плотность, вязкость, температура кипения и плавления.	4
<b><i>Введение в качественный анализ.</i></b>		
7	Аналитическая классификация катионов. Качественные реакции на катионы.	4
8	Аналитическая классификация анионов. Качественные реакции на анионы.	2
<b><i>Сущность химического количественного анализа.</i></b>		
9	Гравиметрический анализ.	4
10	Сущность титриметрического анализа.	4
11	Кислотно-основное титрование.	1
12	Окислительно-восстановительное титрование.	1
13	Комплексометрическое титрование.	1
14	Осадительное титрование.	1
15	Всего:	34

### Модуль 2. Физико-химические методы анализа – 3 семестр

№ п/п	Наименование темы занятия	Количество часов
1	2	3
1	Общая характеристика физико-химических методов анализа.	2

1	2	3
<b><i>Спектральные методы анализа.</i></b>		
2	Общие положения и теоретические основы оптических методов анализа.	4
3	Атомная спектрометрия. Эмиссионный спектральный анализ др. методы.	2
4	Молекулярные спектральные методы.	4
5	Другие спектральные и оптич. методы анализа.	4
<b><i>Электрохимические методы анализа.</i></b>		
6	Общая характеристика и особенности электрохимических методов анализа.	2
7	Потенциометрия (ионометрия), рН-метрия, потенциометрическое титрование.	6
8	Кондуктометрия, кондуктометрическое титрование и др. электрохимические методы анализа.	4
<b><i>Хроматографические методы анализа.</i></b>		
9	Общая характеристика, особенности и теоретические основы хроматографии.	4
10	Жидкостная хроматография.	1
11	Газовая хроматография.	1
	Всего:	34

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К СОСТАВЛЕНИЮ КОНСПЕКТА ЛЕКЦИЙ**

Лекция – это наиболее сложный вид деятельности, так как в очень ограниченное время необходимо осмыслить и законспектировать текст лектора (текст со слайдов на лекции-презентации), к которому, в отличие от учебника или первоисточника, нет возможности на лекции вернуться. Самый лучший вариант – это составление опорного конспекта. Конспектировать лекции обязательно, так как достаточно большую часть по теме читаемой лекции, лектор отдает студентам на самостоятельную проработку. Чтобы изучить эту часть материала самостоятельно студент должен иметь при доработке лекции конспект той ее части, которую давал лектор на лекции. Доработка материалов лекции по той или иной теме – элемент не только закрепления теоретического материала, но и подготовки к семинарским, практическим, лабораторным занятиям. Кроме того, доработка – это элемент повторения, рациональной работы с текстом по теме лекции и подготовки к зачетам и экзаменам.

Конспектирование как лекционного материала, так и материала, который необходимо освоить самостоятельно по литературным источникам является неотъемлемой формой работы в силу того, что в учебном процессе каждый студент сталкивается с необходимостью краткого изложения большого объема учебного материала.

При конспектировании нового материала реализуется следующее:

- развиваются навыки переработки информации, полученной в устном или письменном виде и придание ей сжатой формы;
- выработка умений выделить основную идею, мысль из первоисточника информации;
- формируются навыки составления грамотных, логичных, кратких тезисов;
- облегчается процесс запоминания текста.

***При подготовке к лекции студенту рекомендуется:***

- 1) просмотреть записи предшествующей лекции и восстановить в памяти ранее изученный материал;
- 2) полезно просмотреть и предстоящий материал будущей лекции;
- 3) если задана самостоятельная проработка отдельных фрагментов темы прошлой лекции, то ее надо выполнить не откладывая;
- 4) психологически настроиться на лекцию.

В ходе лекционных занятий при конспектировании учебного материала необходимо обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Следует обратить внимание, на то что дословная запись текста не является конспектом. Только структурированный тезисный текст может называться таким. При конспектировании письменных источников необходимо обращать внимание на абзацы, их существование призвано облегчить восприятие текста и начало новой мысли автора. Важно учитывать также и то, что одна мысль может быть изложена в нескольких абзацах.

Высокую скорость конспектирования могут обеспечить сокращения (общепринятые, аббревиатуры, стрелочки, указывающие на логические связи, опорные слова, ключевые слова, схемы и т.д.).

Составление конспекта призвано облегчить запоминание текста. Рекомендуется после его составления прочесть зафиксированные тезисы несколько раз для полного их усвоения. Допускается подчеркивание тезисов, содержащих основные мысли, выделение их цветным маркером. Ясность, краткость, логическая связанность тезисов – основные характеристики конспекта.

### ***Указания по конспектированию лекций:***

- не нужно стараться записать весь материал, озвученный преподавателем.

Как правило, лектором делаются акценты на ключевых моментах лекции для начала конспектирования (тема, перечисляются основные вопросы темы);

- конспектирование необходимо начинать после высказывания главной мысли лектором, перед началом ее комментирования;

- выделение главных мыслей в конспекте другим цветом целесообразно производить вне лекции с целью сокращения времени на конспектирование на самой лекции; как правило, на более сложных моментах темы, формулировках законов и положений, необходимых схем реакций и иного очень важного материала лектор обязательно остановится и порекомендует это точно записать;

- применение сокращений приветствуется;

- нужно избегать длинных и сложных рассуждений;

- дословное конспектирование отнимает много времени, поэтому необходимо опускать фразы, имеющие второстепенное значение;

- если в лекции встречаются неизвестные термины, лучше всего отметить на полях их существование, оставить место для их пояснения и в конце лекции задать уточняющий вопрос лектору.

# ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ И СОБЕСЕДОВАНИЯ ПО ТЕМАМ ЛЕКЦИЙ

## Модуль 1. Качественный и количественный анализ – 2 семестр

### 1.1 Введение в аналитическую химию.

#### *Тема 1. Понятие об аналитической химии, химическом и физико-химическом анализе. Аналитический сигнал.*

1. Аналитическая химия и ее задачи.
2. Рассмотрите основные этапы развития аналитической химии.
3. Объясните понятия «аналитический сигнал», «точность химического анализа», «предел обнаружения», «избирательность».
4. Дайте определения элементного, молекулярного, функционального, фазового видов анализа.
5. Классификация методов анализа и их характеристика.
6. Дайте определения элементного, молекулярного, функционального, фазового видов анализа.
7. Стадии химического анализа.
8. Основные характеристики методов анализа. Абсолютные и относительные методы. Выбор метода анализа.
9. Способы повышения чувствительности и избирательности методов. Автоматизация анализа.
10. Интенсивные и экстенсивные свойства веществ. Какие физические величины обладают экстенсивными, а какие интенсивными? Какие могут быть использованы в количественном анализе?

#### *Тема 2. Пробоотбор и пробоподготовка.*

1. Отбор и подготовка проб для анализа.
2. Представительность пробы в химическом анализе. Отбор средней пробы.
3. Приборы для измельчения и усреднения проб.
4. Отбор проб жидкостей.
5. Отбор проб газов.

6. Переведение веществ в раствор.

***Тема 3. Статистическая обработка результатов анализа. Погрешности химического анализа.***

1. Классификации погрешностей химического анализа.
2. Абсолютная и относительная погрешность.
3. Систематические и случайные погрешности. Промахи.
4. Предел обнаружения и диапазон определяемых содержаний.
5. Правильность и воспроизводимость анализа. Проверка правильности анализа: использование стандартных образцов, метод добавок и др.
6. Статистическая обработка результатов измерений.
7. Закон нормального распределения.  $t$  – Распределение. Сравнение дисперсий и средних двух методов анализа.
8. Значащие цифры и правила округления.

***Тема 4. Техника приготовления растворов заданных концентраций.***

1. Требования к приготовлению водных растворов.
2. Техника приготовления растворов солей (приблизительные и точные растворы).
3. Техника приготовления растворов кислот (приблизительные и точные растворы).
4. Техника приготовления растворов щелочей (приблизительные и точные растворы).
5. Техника приготовления растворов из фиксаля.

***Тема 5. Методы разделения и концентрирования, осаждения.***

1. Охарактеризуйте метод маскирования. Группы маскирующих веществ.
2. Разделение и концентрирование, групповое и индивидуальное.
3. Осаждение и соосаждение.
4. Экстракция (экстрагент, разбавитель, экстракт, реэкстракция).
5. Условия экстракции вещества, основные законы и количественные характеристики.
6. Сорбция и сорбенты.

7. Метод электрофореза, диализа и электродиализа.
8. Методы флотации и зонной плавки.

### **1.2 Очистка вещества. Определение степени чистоты вещества.**

#### ***Тема 6. Чистота вещества и примеси. Методы очистки.***

1. Методы перекристаллизации, возгонки и (или) сублимации.
2. Фильтрование как один из методов очистки вещества. Фильтры. Декантация.
3. Метод очистки вещества перегонкой или дистилляцией.
4. Методы очистки газообразных веществ от примесей.

#### ***Тема 7. Методы определения степени чистоты вещества. Физико-химические константы.***

1. Определение степени чистоты вещества по его плотности.
2. Определение чистоты вещества по его вязкости.
3. Определение чистоты вещества по температуре плавления.
4. Определение чистоты вещества по температуре кипения.

### **1.3 Введение в качественный анализ.**

#### ***Тема 7. Предмет и задачи качественного анализа. Аналитическая классификация катионов. Качественные реакции на катионы.***

1. Задачи качественного анализа.
2. Методы качественного анализа. Анализ «мокрым» и «сухим» путем. Макро-, микро- и ультрамикрoанализ.
3. Классификация аналитических реакций.
4. Дробный и систематический анализ ионов.
5. Основные операции, применяемые в химическом анализе
6. Системы качественного анализа катионов. Сульфидная система анализа, ее сущность. Положительные стороны и недостатки сульфидной системы анализа катионов.
7. Кислотно-щелочная система анализа катионов. Положительные стороны и недостатки кислотно-щелочной системы.
8. Чувствительность аналитических реакций и ее показатели.

9. Основные условия обнаружения ионов в растворе. Общеаналитические, групповые и специфические реакции и реагенты. Систематический и подробный ход анализа. Маскировка.
10. Реакции обнаружения катионов первой аналитической группы.
11. Реакции обнаружения катионов второй аналитической группы (группа хлороводородной кислоты).
12. Реакции обнаружения катионов третьей аналитической группы (группа серной кислоты).

***Тема 8. Аналитическая классификация анионов. Качественные реакции на анионы.***

1. Особенности классификации анионов.
2. Реакции обнаружения анионов первой аналитической группы.
3. Реакции обнаружения анионов второй аналитической группы.
4. Реакции обнаружения анионов третьей аналитической группы.

## ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА ЛАБОРАТОРНЫХ И ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

### Примерная тематика лабораторных работ (2 семестр)

№ п/п	Тема занятия	Форма отчетности и контроля*	Кол-во акад. час.
1	2		3
<b>Второй семестр</b>			
1	Правила техники безопасности при проведении лабораторных исследований в аналитических лабораториях. Противопожарная безопасность. Техника пробоотбора и пробоподготовки.	Сб	2
2	Приготовление растворов заданных концентраций.	ОЛР	2
3	Определение относительной плотности вещества с помощью ареометра и пикнометра. Терминологический диктант (ТД).	ОЛР, ТД	2
4	Определение вязкости капиллярным вискозиметром. Терминологический диктант (ТД).	ОЛР, ТД	2
5	Определение температуры кипения и температуры плавления вещества. Терминологический диктант (ТД).	ОЛР, ТД	2
6	<i>Качественные реакции катионов.</i> Аналитические реакции катионов I и II аналитических групп и аммония.	ОЛР	4
7	<i>Анализ смеси катионов</i> первой и второй аналитических групп (контрольная лабораторная аналитическая задача).	КЛАЗ	4
8	<i>Качественный анализ анионов.</i> Аналитические реакции I и II аналитических групп.	ОЛР	2
9	<i>Качественный дробно-систематический анализ.</i> Анализ смеси анионов I, II аналитических групп (контрольная лабораторная аналитическая задача).	КЛАЗ	4
10	<i>Гравиметрический анализ.</i> Определение бария в хлориде бария. Терминологический диктант (ТД).	ОЛР ТД	6
11	<i>Гравиметрический анализ.</i> Определение содержания железа (III) в растворе его соли.	ОЛР Т	4
	<b>Итого</b>		<b>34</b>

### Примерная тематика практических занятий (2 семестр)

№ п/п	Тема занятия	Форма отчетности и контроля*	Кол-во акад. час.
1	2		3
1	<u>Тест:</u> Физико-химические константы определения чистоты вещества. <u>Семинар.</u> Основы пробоотбора и пробоподготовки.	Т  Сб	4

	Подготовка к Л.р. работе «Приготовление растворов заданных концентраций».		
2	Проверочная работа. Расчеты по теме «Растворы: концентрации растворов».	Пр. р.	2
3	<u>Семинар</u> . Фильтрация и центрифугирование. Техника взвешивания на торсионных, технических и аналитических электронных весах.	К, Вс, П	2
4	<u>Семинар</u> . Методы учета погрешностей в химическом и физико-химическом анализе.	К, Вс	2
5	<u>Семинар</u> . Методы разделения и концентрирования. Осаждение и соосаждение. Маскирование. Экстракция. Сорбция, механизмы сорбции, сорбенты.	К, Д, П ИДЗ	2
6	<u>Семинар</u> . Качественные реакции катионов III, IV, V и VI аналитических групп.	К, Д, П	4
	<b>Итого часов практических занятий (час/з.е.)</b>		<b>16</b>

\*Сокращения: Т – тест, ОЛР – отчет по лабораторной работе, КЛАЗ – контрольная лабораторная аналитическая задача, ИДЗ – индивидуальное домашнее задание, ТД – терминологический диктант, Сб – собеседование, Пр.р. – проверочная работа, К – конспект, Вс – выступление на семинаре, Д – доклад, П – презентация.

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

Выполнение лабораторных работ будет способствовать формированию у студентов экспериментальных навыков работы с химическим оборудованием и приборами, посудой и реактивами, умений правильно проводить наблюдения за физико-химическими экспериментами и фиксацией аналитических сигналов, закреплению полученных теоретических знаний. Лабораторная работа – это, по сути, учебное научное исследование, выполнение которого в свою очередь позволит студентам одновременно овладевать и первичными научно-исследовательскими навыками, применяя их в дальнейшем при подготовке курсовых и других видов практических работ. Перечень тем лабораторных работ обусловлен требованиями подготовки бакалавров данного направления подготовки и программой курса, а также наличием приборного обеспечения, оборудования и реактивов, необходимых для их проведения.

Теоретический материал поможет студентам освоить и закрепить основополагающие законы явлений, определяющих появление аналитического сигнала в том или ином процессе и способы его регистрации, а также методические принципы проведения химического и физико-химического анализа.

### ***При подготовке к выполнению лабораторной работы необходимо:***

- изучить основной и дополнительный материал по теме работы;
- тщательно разобраться в описании работы, изучить реактивы и разобраться с посудным и приборным оборудованием, с которым придется работать, уяснить требования техники безопасности при работе с реактивами и оборудованием;
- оформить требуемую часть лабораторной работы, если необходимо подобрать математические формулы и провести предварительные расчеты данных;
- подготовить ответы на все вопросы, записанные в лабораторном практикуме для допуска к выполнению лабораторной работы и дальнейшего оформления отчета.

Студент должен уяснить, что кроме навыков работы с реактивами и оборудованием, эта подготовка помогает ему формировать свойства личности, необходимые исследователю: аккуратность, методичность, точность, внимательность и пунктуальность в работе.

Студенты, не выполнившие перечисленные требования к лабораторной работе не допускаются.

Отчет по выполненной лабораторной работе оформляется в отдельной тетради (так называемый лабораторный журнал) и должен содержать следующие части:

- номер и тему лабораторной работы;
- цель работа;
- перечень реактивов и оборудования;
- ход работы в зависимости от темы может включать описание по этапам

выполнения с указанием условий проведения и результатов наблюдений, написания если необходимо химических реакций или их схем, либо табличный вариант оформления (например, работы по качественному анализу);

- корректный вывод по работе с интерпретацией результатов.

Оформленный отчет по лабораторной работе сдается преподавателю на проверку и если получает положительный отзыв и оценку, то работа считается зачтенной. Если работа оценена на неудовлетворительно, студент обязан переоформить или при небольших замечаниях исправить работу и сдать повторно на проверку.

Студенты, пропустившие лабораторную работу обязаны ее отработать и сдать отчет.

Студенты не выполнившие учебный план по лабораторному практикуму к зачету (с оценкой) не допускаются.

## **ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ ДОПУСКА/ЗАЩИТЫ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ**

Подготовка к допуску для выполнения лабораторной работы и далее к ее защите предусматривает работу с контрольными вопросами. Студент должен повторить лекционный материал, прочитать дополнительно рекомендованные преподавателем литературные источники, интернет-источники и составить ответ на предлагаемые контрольные вопросы.

### **Модуль 1. Качественный и количественный анализ – 2 семестр**

#### **Тема: Определение чистоты вещества по его относительной плотности.**

1. Что такое плотность вещества?
2. Что называют относительной плотностью?
3. Перечислите виды плотности для сыпучих и пористых материалов.
4. Что такое рентгеновская плотность?
5. Как зависит плотность от температуры и давления?
6. В каких единицах измеряют плотность?
7. При какой температуре измеряют плотность?
8. Как изменяется плотность однородных веществ?
9. Как можно измерять относительную плотность?
10. Что называется денсиметрией?

#### **Тема: Определение чистоты вещества по его вязкости.**

1. Что такое вязкость?
2. Чем характеризуют вязкость?
3. Какую жидкость называют ньютоновской, какую неньютоновской?
4. Что называют динамической вязкостью?
5. Что называют кинематической вязкостью?
6. Что такое текучесть?
7. В каких единицах измеряют вязкость?
8. Как зависит вязкость от природы вещества?
9. Как влияют температура и давление на вязкость вещества?
10. От чего зависит вязкость растворов и расплавов полимеров?

11. Что такое характеристическая вязкость?
12. Как в лабораторных условиях измерить вязкость? Какие требования предъявляются к таким измерениям?

**Тема:** Определение чистоты вещества по температуре плавления.

1. Что называют плавлением?
2. Что такое температура плавления?
3. Какое плавление называется конгруэнтным? Инконгруэнтным?
4. Что называется теплотой плавления?
5. На что расходуется теплота плавления?
6. Как зависит температура плавления от давления?
7. Охарактеризуйте температуры плавления чистых кристаллических веществ?
8. Как плавятся вещества в зависимости от типа кристаллической решетки?
9. Как плавятся неорганические и органические вещества?
10. Как плавятся кристаллические полимеры?
11. Что такое возгонка (сублимация)?

**Тема:** Определение чистоты вещества по температуре кипения.

1. Что называют кипением?
2. Что такое температура кипения?
3. Когда закипает любая жидкость?
4. Какие виды кипения различают?
5. Что называется испарением?
6. Чем отличается процесс испарения от кипения?
7. Что называется насыщенным паром?
8. Что называется давлением насыщенного пара?
9. Как зависит температура кипения от давления?
10. От чего зависит давление насыщенного пара?
11. От чего зависит температура кипения растворов?
12. Почему температура кипения жидкости является константой?

**Тема: Реакции обнаружения катионов второй аналитической группы**  
**(группа хлороводородной кислоты).**

1. Способы выполнения химического анализа.
2. Как классифицируются аналитические реакции?
3. Основные характеристики дробного и систематического анализа.
4. Какие существуют типы классификаций ионов, на каких признаках они основаны?
5. Какие технические операции применяются в химическом анализе?
6. Каким реактивом можно открыть  $K^+$ .
7. Почему нельзя открывать  $K^+$  реактивом  $Na_3[Co(NO_3)_6]$  в щелочном или сильноокислом растворе? Составьте уравнения реакций едкой щелочи с  $Na_3[Co(NO_3)_6]$ ?
8. Почему перед открытием  $K^+$  необходимо удалить катионы аммония?
9. Укажите характерные реакции обнаружения  $Na^+$ .
10. Почему открывать  $Na^+$  реактивом  $KH_2SbO_4$  можно только в нейтральной или слабощелочной среде?
11. Указать характерные реакции на ион аммония  $NH_4^+$ .

**Тема: Реакции обнаружения катионов второй аналитической группы**  
**(группа хлороводородной кислоты).**

1. Общая характеристика катионов второй аналитической группы.
2. Чем различаются химико-аналитические свойства катионов подгруппы серебра от свойств катионов других аналитических групп?
3. Частные реакции ионов серебра и свинца?
4. Напишите уравнения реакции взаимодействия  $NH_4OH$  и  $NaOH$  с катионами подгруппы серебра.
5. Напишите уравнения реакции растворения  $PbSO_4$  в едкой щелочи.
6. Опишите ход систематического анализа открытия катионов второй аналитической группы.

**Тема:** Реакции обнаружения катионов третьей аналитической группы

(группа серной кислоты).

1. Общая характеристика катионов III аналитической группы.
2. Частные реакции на катионы кальция, стронция и бария.
3. Почему карбонаты, образованные катионами III группы, в процессе анализа растворяют в уксусной кислоте, а не в соляной?
5. Почему карбонат бария  $\text{BaCO}_3$  растворяется и в соляной, и в уксусной кислотах, а  $\text{BaSO}_4$  в этих кислотах не растворяется?
6. Почему при взаимодействии растворов с равной концентрацией ионов бария  $\text{Ba}^{2+}$  с серной кислотой выпадает большой осадок, а с насыщенным раствором сульфата кальция  $\text{CaSO}_4$  – небольшой.
7. Ход систематического анализа открытия катионов третьей группы в смеси катионов  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ .

**Тема:** Реакции обнаружения анионов.

1. Назовите характерные реакции для анионов I аналитической группы.
2. Назовите характерные реакции для анионов II аналитической группы.
3. Назовите характерные реакции для анионов III аналитической группы.
4. Какие анионы являются окислителями, а какие восстановителями?
5. Как обнаружить в анализируемом растворе восстановитель?
6. Как обнаружить в анализируемом растворе окислитель?
7. Как открыть ионы  $\text{Cl}^-$  в отсутствие ионов  $\text{Br}^-$   $\text{I}^-$  и в их присутствии?
8. Укажите какие из перечисленных ионов:  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  – относятся к I аналитической группе анионов.

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ВЫПОЛНЕНИЮ ПРОВЕРОЧНЫХ РАБОТ**

Проверочные работы выполняют контролирующую роль при оценке знаний по изученным темам дисциплины. Существует несколько разных форм проверочных работ – это контрольные письменные работы, короткие самостоятельные письменные работы, тесты, домашние индивидуальные работы и пр.

**Цель контрольной работы** – проверка понимания и степени освоения пройденного материала. С помощью промежуточной контрольной работы проверяется усвоение материала в период изучения темы. Контрольные работы разделяются на три основных вида: это теоретические вопросы, либо решение задач, либо смешанная. Итоговая контрольная работа проводится с целью проверки знаний и умений по отдельной теме, курсу.

**Тест** – это инструмент, состоящий из выверенной системы тестовых заданий, стандартизированной процедуры проведения и заранее спроектированной технологии анализа результатов учебных достижений, изменение которых возможно в процессе систематического обучения.

**Домашняя индивидуальная работа** призвана систематизировать знания, позволяет повторить и закрепить материал. При ее выполнении нет жесткого ограничения временем в отличие от выполнения, например, теста. Тем не менее на выполнение домашней индивидуальной работы отводится определенное время исполнения в зависимости от сложности работы, количества работ в семестре, например, две недели или больше. Можно использовать любые учебные пособия, проконсультироваться у преподавателя, родителей, одногруппников. Каждому выдается свой вариант работы, в который могут включаются задачи, теоретические и практические вопросы.

При подготовке к любой форме проверочных работ необходимо по лекциям, рекомендованным литературным источникам подготовиться: прочитать теоретический материал по заданной теме или темам, прорешать типовые задачи, разобраться с написанием химических реакций и условиями их проведе-

ния, выучить термины, законы и положения. Заранее подготовить титульные листы, так при выполнении необходимо сосредоточиться на решении заданий. Надо быть спокойным и уверенным в своих знаниях и в дальнейшем будет проще сдать итоговый экзамен или зачет.

**ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ВАРИАНТОВ  
РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ**

**I. Тесты.**

*Правила техники безопасности в аналитической лаборатории*

1. В химико-аналитической лаборатории химику на кожу попал раствор щелочи. Чем нужно промыть пораженное место после того, как щелочь смыли большим количеством воды?

- а. 1 – 2 % раствором натрия гидрокарбоната.
- б. 3% раствором перекиси водорода.
- в. 50% раствором уксусной кислоты.
- г. 3% раствором таннина.
- д. 1 – 2 % раствором уксусной кислоты.

Ответ: д.

2. В химико-аналитической лаборатории химику на кожу попал концентрированный раствор кислоты. Пораженное место промыли водой и раствором натрия гидрокарбоната. Какой концентрации раствор натрия гидрокарбоната использовали?

- а. 2%      б. 33%      в. 30%      г. 13%      д. 0,03%

Ответ: а.

3. В химико-аналитической лаборатории химику в глаза попали брызги натрия гидроксида. Какой раствор необходимо использовать после того, как глаза промыли большим количеством воды?

- а. раствор натрия карбоната.
- б. 3% раствор натрия гидрокарбоната.
- в. насыщенный раствор борной кислоты.
- г. 3% раствором серной кислоты.
- д. 3% раствором уксусной кислоты.

Ответ: в.

4. В химико-аналитической лаборатории химику в глаза попали брызги кислоты. Какой раствор необходимо использовать после того, как глаза промыли большим количеством воды?

- а. 1 – 2 % раствором натрия гидрокарбоната.
- б. 3% раствор натрия гидрокарбоната.
- в. 3% раствором таннина.
- г. 1% раствором соляной кислоты.

Ответ: б.

5. В химико-аналитической лаборатории химик получил сильный термический ожог на руке. Как необходимо поступить в данной ситуации?

- а. Обожженное место смазать глицерином или приложить вату, смоченную спиртом.
- б. Опустить руку в емкость с холодной водой.
- в. Поднести руку под проточную холодную воду.
- г. Наложить вату или марлю, смоченную 3% р-ром кислоты.
- д. Наложить вату или марлю, смоченную 3% р-ром таннина.

Ответ: а.

7. В химико-аналитической лаборатории химику на кожу попал бром. Как необходимо поступить в данной ситуации?

- а. Пораженное место смазать глицерином или приложить вату, смоченную спиртом.
- б. На пораженный участок кожи наложить вату, смоченную перекисью водорода.
- в. Наложить вату или марлю на пораженный участок кожи, смоченную 3% р-ром таннина.
- г. Немедленно обмыть пораженный участок кожи каким-нибудь растворителем - спиртом, бензолом, бензином и т. д. и смазать глицерином или мазью от ожогов.

Ответ: г.

**Физико-химические константы для определения степени чистоты  
вещества.**

1. В каких единицах измеряется давление в системе измерения СИ?
  - а. в паскалях;
  - б. в джоулях;
  - в. в барах;
  - г. в стокахсах.
2. Если давление отсчитывают от абсолютного нуля, то его называют:
  - а) давление вакуума;
  - б. атмосферным;
  - в. избыточным;
  - г. абсолютным.
3. Вязкость жидкости это – ...
  - а. способность сопротивляться скольжению или сдвигу слоев жидкости;
  - б. способность преодолевать внутреннее трение жидкости;
  - в. способность преодолевать силу трения жидкости между твердыми стенками;
  - г. способность перетекать по поверхности за минимальное время.
4. Вязкость жидкости **не** характеризуется...
  - а. кинематическим коэффициентом вязкости;
  - б. динамическим коэффициентом вязкости;
  - в. отношением касательного напряжения к скорости деформации;
  - г. статическим коэффициентом вязкости.
5. Кинематический коэффициент вязкости обозначается греческой буквой
  - а.  $\nu$ ;
  - б.  $\mu$ ;
  - в.  $\eta$ ;
  - г.  $\tau$ .
  - б. Вязкость жидкости при увеличении температуры...
    - а. увеличивается;
    - б. уменьшается;
    - в. остается неизменной;
    - г. сначала уменьшается, а затем остается постоянной.
7. Температура кипения – это температура, при которой
  - а. жидкость испаряется
  - б. жидкость быстро испаряется

- в. парообразование происходит во всем объеме жидкости
- г. давление пара жидкости становится равно внешнему давлению

8. Зависимость температуры кипения от давления определяется законом:

- а. Архимеда
- б. Менделеева-Клапейрона
- в. Бойля-Мариотта
- г. Гей-Люссака

9. Скалярная физическая величина, определяемая как отношение массы тела к занимаемому этим телом объёму, – ...

- а. вязкость
- б. текучесть
- в. плотность
- г. удельный вес

10. Плавление является конгруэнтным если...

- а. состав вещества при плавлении изменяется
- б. состав вещества при плавлении не изменяется, а количество изменяется
- в. состав вещества при плавлении не изменяется
- г. состав вещества при плавлении не изменяется, а объем уменьшается

### ***Теоретические основы аналитической химии***

1. Что такое водородный показатель?

- а. отрицательный десятичный логарифм молярной концентрации ионов водорода;
- б. концентрация ионов водорода;
- в. логарифм концентрации ионов водорода;
- г. сумма концентраций ионов водорода и гидроксид-ионов.

*Ответ:* а – Это отрицательный десятичный логарифм молярной концентрации ионов водорода:  $pH = -\lg[H^+]$ . Водородный показатель указывает на кислотность среды и обозначается pH.

2. pH 0,1 М раствора хлороводородной кислоты равен:

- а. 4;
- б. 3;
- в. 2;
- г. 1.

*Ответ:* г – Хлороводородная кислота относится к сильным кислотам, поэтому молярная концентрация ионов водорода равна молярной концентрации кислоты:  $pH = -\lg c(HCl)$ ;  $pH = -\lg 0,1 = 1$ .

3. Значение  $pH$  0,01 М раствора хлороводородной кислоты равно:

- а. 4;                    б. 3;                    в. 2;                    г. 1.

Ответ: в – Хлороводородная кислота относится к сильным кислотам, поэтому молярная концентрация ионов водорода равна молярной концентрации кислоты:  $pH = -\lg c(HCl)$ ;  $pH = -\lg 0,01 = 2$ .

4. Значение  $pH$   $1 \cdot 10^{-3}$  М раствора азотной кислоты равно:

- а. 4;                    б. 3;                    в. 2;                    г. 1.

Ответ: б – Азотная кислота относится к сильным кислотам, поэтому в растворе ионизирует полностью. Следовательно, молярная концентрация ионов водорода равна молярной концентрации кислоты. Водородный показатель такого раствора будет равен отрицательному десятичному логарифму молярной концентрации азотной кислоты:  $pH = -\lg(1 \cdot 10^{-3}) = 3$ .

5.  $pH$  0,1 М раствора гидроксида натрия равен:

- а. 10;                    б. 11;                    в. 12;                    г. 13.

Ответ: г – Гидроксид натрия относится к сильным основаниям. Следовательно, молярная концентрация гидроксид-ионов будет равна молярной концентрации основания. Молярные концентрации гидроксид-ионов и протонов в водном растворе связаны через константу автопротолиза:

$$pK_w = pH + pOH, \quad pH = 14 - pOH; \quad pOH = -\lg 0,1 = 1; \quad pH = 14 - 1 = 13.$$

6. Концентрация ионов водорода при  $pH$  раствора равном 5,0 составляет:

- а.  $1 \cdot 10^{-3}$  М;    б.  $1 \cdot 10^{-4}$  М;    в.  $1 \cdot 10^{-5}$  М;    г.  $1 \cdot 10^{-6}$  М.

Ответ: в – Исходя из определения водородного показателя

$$pH = -\lg c(H^+); \quad 5,0 = -\lg c(H^+); \quad c(H^+) = 1 \cdot 10^{-5} \text{ М.}$$

7. Концентрация гидроксид-ионов при  $pH = 8,0$  равна:

- а.  $1 \cdot 10^{-3}$  М;    б.  $1 \cdot 10^{-4}$  М;    в.  $1 \cdot 10^{-5}$  М;    г.  $1 \cdot 10^{-6}$  М.

Ответ: г –  $pOH = pK_w - pH = 14 - 8 = 6$ , следовательно,  $c(OH^-) = 10^{-6}$  М.

8. Показатель константы кислотности муравьиной кислоты равен 3,75. Чему будет равен  $pH$  буферного раствора, состоящего из равных объемов 1,0 М раствора муравьиной кислоты ( $HCOOH$ ) и 1,0 М раствора формиата натрия ( $HCOONa$ )?

- а. 3,75;                    б. 2,75;                    в. 1,75;                    г. 0,75.

Ответ: а – рН буферного раствора вычисляется по формуле  $pH = pK_a + \lg(c(A^-) / c(НА))$ . Подставляем данные в формулу  $pH = 3,75 + \lg(0,50/0,50) = 3,75$ . Если смешивать растворы одинаковой концентрации и одинаковые объемы, то  $pH = pK_a$ .

9. Показатель константы кислотности муравьиной кислоты равен 3,75. Чему будет равен водородный показатель (рН) буферного раствора, состоящего из равных объемов 0,10 М раствора муравьиной кислоты (НСООН) и 1,0 М раствора формиата натрия (НСООНa):

- а. 4,75;            б. 3,75;            в. 2,75;            г. 5,00.

Ответ: а – рН буферных систем вычисляется по формуле  $pH = pK_a - \lg(c(НА)/c(A^-))$ .

Подставив данные в формулу, получим  $pH = 3,75 - \lg(0,05/0,5) = 4,75$ .

10. Из перечисленных кислот наиболее сильной кислотой является:

- а. муравьиная кислота ( $pK_a = 3,8$ );  
б. уксусная кислота ( $pK_a = 4,76$ );  
в. циановодородная кислота ( $pK_a = 9,3$ );  
г. фтороводородная кислота ( $pK_a = 3,2$ ).

Ответ: г – Количественной характеристикой силы кислоты является константа кислотности (Ka). Чем меньше константа кислотности и чем больше обратный десятичный логарифм константы кислотности (рKa), тем слабее кислота. В данном примере наиболее сильной является фтороводородная кислота.

11. Наиболее слабой кислотой является та, у которой показатель константы кислотности равен:

- а. 3,8 (муравьиная кислота);  
б. 4,76 (уксусная кислота);  
в. 7,6 (хлорноватистая кислота);  
г. 3,2 (фтороводородная кислота).

Ответ: в – Отрицательный десятичный логарифм константы кислотности называется показателем константы кислотности (рКа). Чем больше его значение, тем слабее кислота. Из перечисленных кислот наиболее слабой является кислота, имеющая наибольшее значение рКа (хлорноватистая кислота, рКа которой равен 7,6).

12. Водородный показатель (рН) буферного раствора, состоящего из равных объемов 0,1 М раствора уксусной кислоты (показатель константы кислотности равен 4,76) и 0,1 М раствора ацетата натрия, равен:

- а. 2,0;                    б. 3,0;                    в. 4,0;                    г. 4,76.

Ответ: г – Если буферный раствор состоит из равных объемов растворов компонентов и одинаковой молярной концентрации, то логарифм отношения концентраций кислоты и основания равен 0, а рН такого раствора равен показателю константы кислотности (рКа):

$$\text{pH} = \text{pKa} - \lg(c(\text{HA})/c(\text{A}^-)); \text{pH} = 4,76 - \lg(0,05/0,05) = 4,76.$$

13. Если водородный показатель (рН) ацетатного буферного раствора равен 4,76, а показатель константы кислотности уксусной кислоты (рКа) равен 4,76, то соотношение концентрации уксусной кислоты и ацетата натрия равно:

- а. 1:1;                    б. 1:2;                    в. 1:3;                    г. 1:1,5.

Ответ: а – Водородный показатель (рН) буферных растворов вычисляется по формуле  $\text{pH} = \text{pKa} - \lg(c(\text{HA})/c(\text{A}^-))$ . Согласно условию  $\text{pH} = \text{pKa} = 4,76$ , следовательно,  $4,76 = 4,76 - \lg(c(\text{HA})/c(\text{A}^-))$ ;  $\lg(c(\text{HA})/c(\text{A}^-)) = 0$ ;  $c(\text{HA})/c(\text{A}^-) = 1$ .

14. Укажите формулу, по которой можно вычислить водородный показатель (рН) слабой кислоты:

- а.  $\text{pH} = \lg c(\text{HA})$ ;  
б.  $\text{pH} = 0,5 \lg c(\text{HA})$ ;  
в.  $\text{pH} = 0,5(\text{pKa} - \lg c(\text{HA}))$ ;  
г.  $\text{pH} = \text{pKa} - \lg c(\text{HA})$ .

Ответ: в –  $\text{HA} + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}_3\text{O}^+ + \text{A}^-$ ;  $K_a = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{A}^-]/[\text{HA}]$ ; т. к.  $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{A}^-]$ , то можно написать, что  $[\text{H}_3\text{O}^+]^2 = K_a \cdot [\text{HA}]$ . Допустим, что  $[\text{HA}] = c(\text{HA})$ , тогда  $[\text{H}_3\text{O}^+]^2 = K_a \cdot c(\text{HA})$ ;  $\text{pH} = 1/2 \cdot (\text{p}K_a - \lg c(\text{HA}))$ .

15. Укажите кислотно-основные буферные растворы:

- а. раствор уксусной кислоты и ацетата натрия;
- б. раствор уксусной и муравьиной кислот;
- в. раствор уксусной и хлороводородной кислот;
- г. раствор ацетата натрия и ацетата калия.

Ответ: а – Буферный раствор – это раствор слабой кислоты и сопряженного основания, например,  $\text{CH}_3\text{COOH}$  и  $\text{CH}_3\text{COONa}$ .

16. Укажите частицы, которые согласно протолитической теории кислот и оснований относятся к кислотам:

- а. формиат-ион;
- б. ацетат-ион;
- в. ион аммония;
- г. аммиак.

Ответ: в – Согласно протолитической теории кислот и оснований к кислотам относятся частицы, способные отдавать в растворе протоны. В данном случае:  $\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{NH}_3 + \text{H}_3\text{O}^+$

17. Укажите частицы, которые согласно протолитической теории кислот и оснований относятся к основаниям:

- а. уксусная кислота;
- б. ацетат-ион;
- в. ион аммония;
- г. хлороводородная кислота.

Ответ: б – Согласно протолитической теории кислот и оснований к основаниям относятся частицы, способные принимать в растворе протоны.

Среди вышеперечисленных частиц к основаниям относится ацетат-ион.



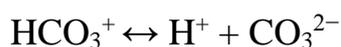
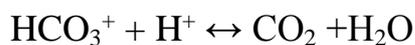
18. Укажите частицы, которые согласно протолитической теории кислот и оснований относятся к амфолитам:

- а. уксусная кислота;
- б. ацетат-ион

в. гидрокарбонат-ион;

г. аммиак.

Ответ: в – К амфотерным соединениям (амфолитам) относятся частицы, которые способны принимать и отдавать в растворе протоны. Среди вышеперечисленных частиц к амфолитам относится гидрокарбонат-ион.



***Гетерогенные равновесия в системе осадок – насыщенный раствор малорастворимого электролита.***

1. Условная константа растворимости малорастворимого электролита для равновесия  $A_m B_n \leftrightarrow m A^{n+} + n B^{m-}$  равна:

а.  $S_K' = [A^{n+}]^m \cdot [B^{m-}]^n$ ;

б.  $S_K' = a_A^m \cdot a_B^n$ ;

в.  $S_K' = c^m(A^{n+}) \cdot c^n(B^{m-})$ ;

г.  $S_K' = [A^{n+}] \cdot [B^{m-}]$ .

Ответ: в – Условной константой растворимости (произведением растворимости) называется произведение суммарной молярной концентрации всех форм существования в растворе катиона малорастворимого соединения на суммарную молярную концентрацию всех форм существования аниона этого соединения. Концентрация ионов при этом должна быть в степенях, показатели которых равны стехиометрическим коэффициентам ионов.

2. Осадок малорастворимого электролита выпадает при условии, если:

а. стехиометрическое произведение молярных концентраций ионов меньше константы растворимости;

б. стехиометрическое произведение молярных концентраций ионов больше константы растворимости;

в. константа растворимости равна произведению молярных концентраций ионов;

г. нет правильного ответа.

Ответ: б – Свойство насыщенного раствора сохранять постоянным произведение молярных концентраций ионов в соответствующих степенях называют правилом константы растворимости. Термодинамическое произведение растворимости (константа растворимости) обозначается как  $K_S^0$  (ПР) и находится в справочных аналитических таблицах. Условием выпадения осадка является превышение в данном растворе произведения молярных концентраций ионов над табличным значением  $K_S^0$ .

3. Если в одном литре водного раствора молярная концентрация ионов меди(II) равна  $1 \cdot 10^{-6}$  М и иодид-ионов равна  $1 \cdot 10^{-6}$  М, то  $K_S(\text{CuI})$  равно:

а.  $1 \cdot 10^{-10}$ ;      б.  $1 \cdot 10^{-9}$ ;      в.  $1 \cdot 10^{-12}$ ;      г.  $1 \cdot 10^{-6}$ .

Ответ: в –  $\text{Cu}^{2+} + \text{I}^- \leftrightarrow \text{CuI} \downarrow$   $K_S = [\text{Cu}^{2+}] \cdot [\text{I}^-] = (1 \cdot 10^{-6}) \cdot (1 \cdot 10^{-6}) = 1 \cdot 10^{-12}$ .

4. В 1 л воды находится  $10^{-5}$  моль ионов серебра и  $10^{-5}$  моль хлорид-ионов.

Константа растворимости хлорида серебра равна:

а.  $1 \cdot 10^{-5}$ ;      б.  $1 \cdot 10^{-8}$ ;      в.  $1 \cdot 10^{-9}$ ;      г.  $1 \cdot 10^{-10}$ .

Ответ: г –  $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \leftrightarrow \text{AgCl} \downarrow$ ;  $K_S(\text{AgCl}) = [\text{Ag}^+][\text{Cl}^-]$ .

Если в насыщенном растворе находится  $10^{-5}$  М ионов серебра и  $10^{-5}$  М хлорид-ионов, то  $K_S(\text{AgCl}) = 10^{-5} \cdot 10^{-5} = 1 \cdot 10^{-10}$ .

5. В 1 л воды содержится  $1 \cdot 10^{-6}$  М ионов серебра и  $1 \cdot 10^{-6}$  М роданид-ионов.

Константа растворимости роданида серебра равна:

а.  $1 \cdot 10^{-5}$ ;      б.  $1 \cdot 10^{-6}$ ;      в.  $1 \cdot 10^{-10}$ ;      г.  $1 \cdot 10^{-12}$ .

Ответ: г –  $\text{Ag}^+ + \text{SCN}^- \leftrightarrow \text{AgSCN} \downarrow$ ;  $K_S(\text{AgSCN}) = [\text{Ag}^+][\text{SCN}^-] = (1 \cdot 10^{-6}) \cdot (1 \cdot 10^{-6}) = 1 \cdot 10^{-12}$ .

6. Константа растворимости хлорида серебра равна  $1 \cdot 10^{-10}$ . Растворимость (S) хлорида серебра равна:

а.  $1 \cdot 10^{-5}$  М;      б.  $1 \cdot 10^{-1}$  М;      в.  $1 \cdot 10^{-2}$  М;      г.  $1 \cdot 10^{-4}$  М.

Ответ: а – Для бинарного электролита  $S = K_S^{0,5}$ . Если растворимость обозначить через S, то  $S(\text{AgCl}) = (1 \cdot 10^{-10})^{0,5} = 1 \cdot 10^{-5}$  моль/л.

7. Константа растворимости сульфата бария равна  $1 \cdot 10^{-10}$ . Чему будет равна растворимость сульфата бария в моль/л?

а. 0,2;      б. 0,02;      в. 0,002;      г.  $1 \cdot 10^{-5}$ .

Ответ: г – Для бинарного электролита  $S = \sqrt{K_S}$ .  $\text{BaSO}_4 \leftrightarrow \text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$ ,  
 $K_S(\text{BaSO}_4) = [\text{Ba}^{2+}][\text{SO}_4^{2-}]$ .  $[\text{Ba}^{2+}] = S$ ;  $[\text{SO}_4^{2-}] = S$ .  $K_S = S \cdot S = S^2$ .  
 $S = \sqrt{K_S}$ , где  $S$  – это растворимость вещества в моль/л. В данном случае  
 $S = \sqrt{1 \cdot 10^{-10}} = 1 \cdot 10^{-5}$  моль/л.

8. Константа растворимости  $\text{AgSCN}$  равна  $1 \cdot 10^{-12}$ . При каком значении произведения молярных концентраций ионов выпадает осадок?

а.  $1 \cdot 10^{-10}$ ;      б.  $1 \cdot 10^{-13}$  ;      в.  $1 \cdot 10^{-14}$  ;      г.  $1 \cdot 10^{-15}$  .

Ответ: а – Осадок выпадет, если стехиометрическое произведение молярных концентраций ионов будет больше  $K_S(\text{AgSCN})$ .

9. Константа растворимости сульфата кальция равна  $2,5 \cdot 1 \cdot 10^{-5}$ . При каком значении стехиометрического произведения молярных концентраций ионов выпадает осадок?

а.  $2,5 \cdot 10^{-2}$ ;      б.  $2,5 \cdot 10^{-5}$  ;      в.  $2,5 \cdot 10^{-6}$  ;      г.  $2,5 \cdot 10^{-7}$  .

Ответ: а – Осадок выпадает в том случае, если стехиометрическое произведение молярных концентраций ионов больше  $K_S$ :  $2,5 \cdot 10^{-2} > 2,5 \cdot 10^{-5}$ .

10. Константа растворимости сульфата бария равна  $1 \cdot 10^{-10}$ . Растворение осадка будет происходить при следующем значении стехиометрического произведения молярных концентраций ионов:

а.  $1 \cdot 10^{-4}$ ;      б.  $1 \cdot 10^{-8}$  ;      в.  $1 \cdot 10^{-10}$  ;      г.  $1 \cdot 10^{-12}$  .

Ответ: г – Растворение осадка происходит в случае, если стехиометрическое произведение молярных концентраций ионов будет меньше константы растворимости. В данном случае только значение  $1 \cdot 10^{-12}$  удовлетворяет этому условию:  $[\text{Ba}^{2+}][\text{SO}_4^{2-}] < K_S$ ;  $1 \cdot 10^{-12} < 1 \cdot 10^{-10}$ .

11. Из предложенных осадков наибольшей растворимостью в воде (термодинамические константы растворимости  $K_S$  указаны в скобках) обладает:

- а. карбонат бария ( $4 \cdot 10^{-10}$ );
- б. оксалат бария ( $1,1 \cdot 10^{-7}$ );
- в. хромат бария ( $1,2 \cdot 10^{-10}$ );
- г. сульфит бария ( $8 \cdot 10^{-7}$ ).

Ответ: г – Растворимость в этом случае рассчитывается по формуле

$S = \sqrt{K_S}$ , поэтому большая растворимость будет у вещества с наибольшим значением  $K_S$ .

12. Константа растворимости для хромата серебра соответствует выражению:

а.  $K_S = [Ag^+] \cdot [CrO_4^{2-}]$ ;

б.  $K_S = [Ag^+]^2 \cdot [CrO_4^{2-}]$ ;

в.  $K_S = [Ag^+] \cdot [CrO_4^{2-}]^2$  ;

г.  $K_S = [Ag^+]^2 \cdot [CrO_4^{2-}]^2$  .

Ответ: б –  $Ag_2CrO_4 \leftrightarrow 2Ag^+ + CrO_4^{2-}$ .  $K_S = [Ag^+]^2 \cdot [CrO_4^{2-}]$ .

### *Аналитические классификации катионов и анионов*

1. Согласно кислотно-основной классификации все катионы делят:

а. на 3 группы;    б. на 2 группы;    в. на 4 группы;    г. на 6 групп.

Ответ: г – По кислотно-основной классификации катионы делят на 6 аналитических групп. К первой аналитической группе относятся катионы  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Li^+$ ,  $NH_4^+$ ; ко второй -  $Ag^+$ ,  $Pb^{2+}$ ,  $Hg^{2+}$ ; к третьей -  $Ba^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Sr^{2+}$ ; к четвертой -  $Al^{3+}$ ,  $Cr^{3+}$ ,  $Zn^{2+}$ ; к пятой -  $Fe^{3+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Bi^{3+}$ ,  $Sb(III)$  и  $Sb(V)$ ; к шестой -  $Co^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Hg^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$  .

2. На чем основана кислотно-основная классификация катионов:

а. на различной растворимости фосфатов в воде;

б. на различной растворимости сульфидов в воде;

в. на различной растворимости нитратов в воде;

г. на различной растворимости хлоридов, сульфатов, гидроксидов в воде, растворе аммиака, в растворе щелочей.

Ответ: г – Кислотно-основная классификация катионов основана на различной растворимости хлоридов, сульфатов, гидроксидов в воде, растворе щелочи и растворе аммиака.

3. К первой аналитической группе катионов по кислотно-основной классификации относятся катионы:

а. магния, калия, кальция;

б. алюминия, железа(II), хрома(III);

- в. аммония, калия, натрия, лития;
- г. кобальта(II), никеля(II), ртути(II).

Ответ: в – К первой аналитической группе относятся катионы калия, натрия, лития и аммония. Катионы первой аналитической группы не имеют группового реагента. Сульфаты, хлориды, гидроксиды и нитраты этих катионов хорошо растворимы в воде.

4. Ко второй аналитической группе катионов по кислотно-основной классификации относятся катионы:

- а. серебра, свинца, ртути(I);
- б. аммония, калия, кобальта(II);
- в. магния, марганца(II), лития;
- г. железа(II), ртути(II), никеля(II).

Ответ: а – По кислотно-основной классификации вторая аналитическая группа катионов включает ионы серебра, свинца, ртути(I). Групповым реактивом является 2 М раствор хлороводородной кислоты. Эти катионы образуют труднорастворимые в воде хлориды. Хлорид свинца при нагревании растворяется в воде.

5. По кислотно-основной классификации к третьей аналитической группе катионов относятся катионы:

- а. натрия, серебра, калия;
- б. бария, кальция, стронция;
- в. магния, висмута(III), марганца(III);
- г. свинца, кобальта(II), меди(II).

Ответ: б – К третьей аналитической группе катионов по кислотно-основной классификации относятся катионы бария, кальция, стронция. Групповым реактивом является 2 М раствор серной кислоты. Эти катионы образуют сульфаты, которые нерастворимы в воде, кислотах и щелочах.

6. По кислотно-основной классификации к четвертой аналитической группе катионов относятся:

- а. ионы калия, магния, бария;

- б. ионы алюминия, хрома(III), цинка;
- в. ионы меди(II), кобальта(II), никеля(II);
- г. ионы натрия, лития, марганца(II).

Ответ: б – К четвертой аналитической группе катионов относятся ионы алюминия, хрома(III), цинка. Гидроксиды перечисленных катионов обладают амфотерными свойствами, растворимы в кислотах и избытке щелочей. Групповым реагентом является раствор щелочи в присутствии пероксида водорода.

7. К пятой аналитической группе катионов по кислотно-основной классификации относятся катионы:

- а. натрия, аммония, магния;
- б. натрия, магния, кобальта(II) и никеля(II);
- в. магния, марганца(II), железа(II), железа(III), висмута(III), а также сурьма(III) и сурьма(V);
- г. железа(III), алюминия, хрома(III), натрия.

Ответ: в - К пятой аналитической группе катионов по кислотно-основной классификации относятся катионы магния, марганца(II), железа(II), железа(III), висмута(III), а также сурьма(III) и сурьма(V). Перечисленные катионы образуют гидроксиды с раствором аммиака и щелочами, не растворимые в избытке щелочи и растворе аммиака.

8. К шестой аналитической группе катионов по кислотно-основной классификации относятся катионы:

- а. кобальта(II), никеля(II), кадмия, меди(II), ртути(II);
- б. кобальта(II), меди(II), марганца(II), магния;
- в. никеля(II), кадмия, калия, аммония;
- г. бария, алюминия, никеля(II).

Ответ: а – К шестой аналитической группе катионов по кислотно-основной классификации относятся катионы кобальта(II), никеля(II), кадмия, меди(II), ртути(II). Гидроксиды перечисленных катионов растворимы в кон

центрированном растворе аммиака с образованием растворимых в воде комплексных соединений.

9. Гидроксиды железа(III), железа(II), марганца(II) и магния обладают общими свойствами:

- а. не растворяются в избытке раствора щелочи и аммиака, но растворяются в кислотах;
- б. не растворяются в кислотах;
- в. растворяются в избытке щелочи;
- г. растворяются в воде.

Ответ: а – Катионы железа(II), железа(III), марганца(II), магния относятся к пятой аналитической группе, их гидроксиды не растворяются в избытке растворов щелочей и аммиака, но растворимы в кислотах.

10. Гидроксиды алюминия, хрома(III) и цинка имеют общие свойства:

- а. не растворимы в кислотах;
- б. растворимы в щелочах и кислотах;
- в. растворимы в воде;
- г. не растворимы в растворе щелочи.

Ответ: б – Гидроксиды алюминия, хрома(III) и цинка обладают амфотерными свойствами, поэтому они растворимы в растворах кислот и щелочей.

11. С помощью каких реактивов можно отделить катионы четвертой аналитической группы по кислотно-основной классификации?

- а. раствора хлороводородной кислоты;
- б. раствора серной кислоты;
- в. раствора щелочи в присутствии пероксида водорода;
- г. раствора аммиака.

Ответ: в – Катионы четвертой аналитической группы от остальных катионов можно отделить групповым реактивом - избытком раствора щелочи в присутствии пероксида водорода.

12. Какими общими свойствами обладают катионы первой аналитической группы?

- а. образуют хлориды, нерастворимые в воде;
- б. образуют сульфаты, нерастворимые в воде;
- в. образуют аммиачные комплексы;
- г. хлориды, сульфаты, нитраты калия, натрия, лития, аммония хорошо растворимы в воде.

Ответ: г – Катионы первой аналитической группы не имеют группового реагента. Сульфаты, хлориды, нитраты, фосфаты калия, натрия, лития, аммония хорошо растворимы в воде.

13. Какими общими свойствами обладают катионы бария, кальция, стронция:

- а. хлориды не растворимы в воде;
- б. сульфаты малорастворимы в воде;
- в. нитраты не растворимы в воде;
- г. ацетаты не растворимы в воде.

Ответ: б – Общим свойством катионов бария, кальция и стронция является то, что сульфаты катионов бария, кальция, стронция малорастворимы в воде. Групповой реагент – серная кислота.

14. Какой из перечисленных реагентов применяется для отделения катионов третьей аналитической группы по кислотно-основной классификации:

- а. 2 М раствор соляной кислоты;
- б. 2 М раствор серной кислоты;
- в. 2 М раствор щелочи;
- г. 2 М раствор аммиака.

Ответ: б – Для отделения катионов третьей аналитической группы (катионы бария, кальция, стронция) используется групповой реактив - 2 М раствор серной кислоты. В осадок выпадают сульфаты бария, кальция, стронция.

15. На сколько аналитических групп делятся анионы по растворимости солей бария и серебра?

- а. 2 группы;      б. 3 группы;      в. 5 групп;      г. 4 группы.

Ответ: б – Анионы по растворимости солей бария и серебра делятся на три группы. Анионы первой группы ( $\text{SO}_3^{2-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{VO}_2^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ ,  $\text{AsO}_3^{3-}$ ,  $\text{AsO}_4^{3-}$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{CrO}_4^{2-}$  и др.) образуют осадки с хлоридом бария в нейтральной среде. Анионы второй аналитической группы ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{SCN}^-$ ,  $\text{BrO}_3^-$ ) осаждаются раствором нитрата серебра в присутствии азотной кислоты. Анионы третьей аналитической группы ( $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ) не образуют осадков с раствором хлорида бария и нитрата серебра.

16. На сколько аналитических групп делятся анионы по окислительно-восстановительным свойствам?

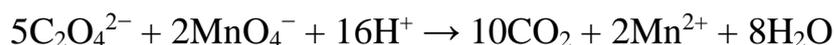
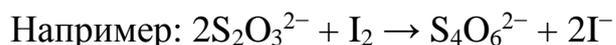
- а. 2 группы;      б. 3 группы;      в. 4 группы;      г. 5 групп.

Ответ: в – По окислительно-восстановительным свойствам анионы делятся на 4 группы: типичные окислители ( $\text{AsO}_4^{3-}$ ,  $\text{CrO}_4^{2-}$ ,  $\text{BrO}_3^-$ ), типичные восстановители ( $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ ,  $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ ,  $\text{AsO}_2^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{SCN}^-$ ); проявляющие как окислительные, так и восстановительные свойства ( $\text{SO}_3^{2-}$ ,  $\text{NO}_2^-$ ); не обладающие окислительно-восстановительными свойствами ( $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{VO}_2^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ).

17. Какими общими свойствами обладают тиосульфат-ион, арсенит-ион, оксалат-ион:

- а. являются восстановителями;  
б. являются окислителями;  
в. обладают окислительными и восстановительными свойствами;  
г. являются индифферентными.

Ответ: а – Все перечисленные анионы являются восстановителями.



18. Для обнаружения анионов первой аналитической группы используются реактивы:

- а. раствор хлорида натрия;  
б. раствор хлорида бария в нейтральной среде;

- в. раствор хлорида бария в кислой среде;
- г. раствор нитрата серебра в кислой среде.

Ответ: б – Анионы первой аналитической группы можно обнаружить прибавлением раствора хлорида бария в нейтральной среде, при этом образуются осадки:  $\text{Ba}^{2+} + \text{CO}_3^{2-} \rightarrow \text{BaCO}_3 \downarrow$

19. Для обнаружения анионов второй аналитической группы (хлорид, бромид, иодид, сульфид, бромат, иодат) используются реактивы:

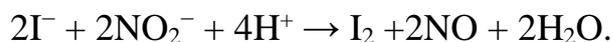
- а. раствор хлорида бария в кислой среде;
- б. раствор хлорида бария в нейтральной среде;
- в. раствор нитрата серебра в щелочной среде;
- г. раствор нитрата серебра в кислой среде.

Ответ: г – Для обнаружения анионов второй группы используется раствор нитрата серебра в азотнокислой среде. В этих условиях с нитратом серебра образуют осадки только анионы второй группы.

20. Для обнаружения анионов-окислителей используются реактивы:

- а. раствор перманганата калия в кислой среде;
- б. раствор дихромата калия;
- в. раствор иодида калия в нейтральной среде;
- г. раствор азотной кислоты.

Ответ: в – Для обнаружения анионов-окислителей используются растворы восстановителей, такие как раствор иодида калия:

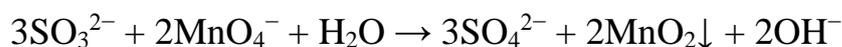


21. Для обнаружения анионов-восстановителей используются реактивы:

- а. раствор сульфата калия;
- б. раствор перманганата калия в кислой среде;
- в. раствор иода в нейтральной среде;
- г. раствор иодида калия.

Ответ: б, в – Анионы-восстановители обнаруживаются в нейтральной среде раствором иода. При этом реагируют такие анионы как тиосульфат, сульф-

фит, сульфид. Слабые восстановители можно обнаружить раствором перманганата калия в нейтральной среде, при этом выпадает осадок бурого цвета – оксид марганца(IV), что указывает на наличие восстановителей в растворе. Например:  $S^{2-} + I_2 \rightarrow S + 2I^-$



### *Аналитические реакции катионов и анионов*

1. Реакцию обнаружения катионов калия с гексанитрокобальтатом(III) натрия проводят:

- а. в щелочной среде;
- б. в нейтральной среде;
- в. в сильноокислой среде;
- г. нет верного ответа.

Ответ: б – Катионы калия в нейтральной среде с гексанитрокобальтатом(III) натрия образуют желтый кристаллический осадок:

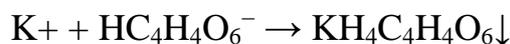


В сильноокислой среде образуется нестойкое соединение  $H_3[Co(NO_2)_6]$ , в щелочной среде выпадает бурый осадок  $Co(OH)_3$ .

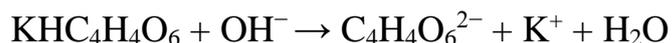
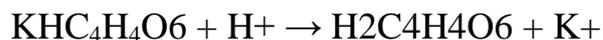
2. Гидротартрат натрия применяется для обнаружения катионов:

- а. калия;      б. бария;      в. никеля(II);      г. свинца.

Ответ: а – Катионы калия с гидротартратом натрия в нейтральной среде образуют белый кристаллический осадок:



Осадок растворяется в кислотах и щелочах:



3. Реактив Несслера применяется для обнаружения катионов:

- а. цинка;      б. бария;      в. аммония;      г. свинца.

Ответ: в – Реактив Несслера с катионами аммония образует красно-бурый осадок, состав которого описывают формулой  $[OHg_2NH_2]I_2$ . Обнаружению

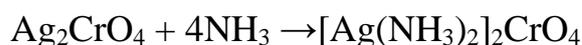
калия мешают катионы, образующие окрашенные осадки гидроксидов (катионы хрома(III), железа(III), кобальта(II), никеля(II) и др.). Реактив Несслера – это смесь растворов тетраиодомеркурата(II) калия и гидроксида калия.

4. Окрашенный осадок хромата серебра образуется:

- а. в щелочной среде;
- б. в сильноокислой среде;
- в. в нейтральной среде;
- г. нет верного ответа.

Ответ: в – Катионы серебра в нейтральной среде с хромат-ионами образуют осадок кирпично-красного цвета:  $2\text{Ag}^+ + \text{CrO}_4^{2-} \rightarrow \text{Ag}_2\text{CrO}_4\downarrow$ .

В щелочной среде выпадает черно-бурый осадок оксида серебра  $\text{Ag}_2\text{O}$ . В концентрированном растворе аммиака осадок растворяется с образованием аммиачного комплекса:



5. Реакция «серебряного зеркала» - это реакция катионов серебра:

- а. с формальдегидом;
- б. тиоцианатом калия;
- в. с гексацианоферратом(II) калия;
- г. нет верного ответа.

Ответ: а – При проведении реакции «серебряного зеркала» к раствору, содержащему катионы серебра, прибавляют раствор аммиака до растворения выпавшего осадка серебра. При взаимодействии аммиачного комплекса серебра с формальдегидом (восстановитель) образуется серебро.



6. Катионы ртути(I) образуют осадки:

- а. с хлорид-ионами;
- б. с хромат-ионами;
- в. с ацетат-ионами;
- г. нет верного ответа.

Ответ: а, б – С хлорид-ионами катионы ртути(II) образуют белый осадок (каломель) –  $\text{Hg}_2^{2+} + 2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Hg}_2\text{Cl}_2$

Кирпично-красный осадок  $\text{Hg}_2\text{CrO}_4$  образуется при взаимодействии катионов ртути(II) с хромат-ионами:  $\text{Hg}_2^{2+} + \text{CrO}_4^{2-} \rightarrow \text{Hg}_2\text{CrO}_4$

7. Родизонат натрия используется для обнаружения катионов:

а. калия;      б. бария;      в. аммония;      г. лития.

Ответ: б – Родизонат калия с катионами бария образует соединение красно-бурого цвета, которое при добавлении  $\text{HCl}$  изменяет окраску до розовой вследствие перехода родизоната бария в гидрородизонат. В присутствии хромата калия родизонат бария не образуется. Катионы стронция также реагируют с родизонатом калия, но розовая окраска исчезает. Возможно обнаружение катионов бария в присутствии катионов стронция. Изменение окраски пятна (от красно-бурой до розовой) на фильтровальной бумаге свидетельствует о наличии катионов бария. Если окраска исчезает, то затем проводят исследование на катионы стронция. На фильтровальную бумагу, пропитанную хроматом калия, наносят исследуемый раствор и раствор родизоната натрия. При наличии катионов стронция появляется красно-бурое пятно (образующийся родизонат бария не взаимодействует с родизонатом натрия).

8. Групповым реагентом на катионы натрия, калия, лития, аммония является:

а. дитизон;  
б. винная кислота;  
в. уротропин;  
г. нет группового реагента.

Ответ: г – Катионы натрия, калия, лития, аммония не имеют группового реагента и во всех аналитических классификациях выделяются в отдельную группу. Большинство солей щелочных металлов и аммония легко растворяются в воде.

9. К групповым реагентам относятся:

а. хлороводородная кислота;

- б. серная кислота;
- в. диметилглиоксим;
- г. хромат калия.

Ответ: а, б – Катионы серебра, ртути(І) и свинца осаждаются в виде хлоридов  $\text{AgCl}$ ,  $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$ ,  $\text{PbCl}_2$ . Поэтому хлороводородная кислота ( $\text{HCl}$ ) является групповым реагентом на указанные катионы. Катионы бария, стронция и кальция под действием серной кислоты осаждаются в виде сульфатов, нерастворимых в кислотах и щелочах.

10. Для растворения сульфатов бария и стронция осадок растворяют в:

- а. растворе гидроксида натрия;
- б. растворе азотной кислоты;
- в. растворе уксусной кислоты;
- г. нет верного ответа.

Ответ: г – Осадки сульфатов бария и стронция не растворяются ни в кислотах, ни в щелочах. При нагревании с растворимыми карбонатами ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) осадки сульфатов бария и стронция переходят в карбонаты кальция и стронция, которые растворяются в кислотах.



11. При взаимодействии группового реагента (кислотно-основная классификация) с катионами третьей аналитической группы в осадок выпадают:

- а. фториды;
- б. сульфаты;
- в. карбонаты;
- г. фосфаты.

Ответ: б – Групповым реагентом на катионы третьей аналитической группы (кислотно-основная классификация) является раствор серной кислоты. При этом в осадок выпадают сульфаты бария, стронция, кальция. По другим аналитическим классификациям катионов групповыми реагентами на катионы бария, кальция, стронция является карбонат аммония (сероводородная классификация) и фосфат аммония (аммиачно-фосфатная классификация).

12. Катионы кальция, бария и натрия относятся к катионам:

- а. второй аналитической группы катионов;

- б. третьей аналитической группы катионов;
- в. шестой группы катионов;
- г. нет верного ответа.

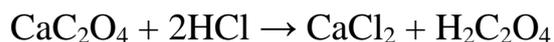
Ответ: г – Катионы кальция и бария относятся к катионам третьей аналитической группы (кислотно-основная классификация), а катионы натрия входят в первую аналитическую группу, которая не имеет группового реагента.

13. Оксалат аммония образует белый кристаллический осадок с катионами:

- а. натрия;
- б. кальция;
- в. калия;
- г. лития.

Ответ: б – Катионы кальция с оксалатом аммония образуют кристаллический осадок:  $\text{Ca}^{2+} + \text{C}_2\text{O}_4^{2-} \rightarrow \text{CaC}_2\text{O}_4\downarrow$

Осадок растворяется в разбавленных минеральных кислотах и не рас-



14. Магнезиальная смесь применяется для обнаружения:

- а. сульфат-ионов;
- б. гидрофосфат-ионов;
- в. катионов аммония;
- г. нет верного ответа.

Ответ: б – Магнезиальная смесь ( $\text{MgCl}_2 + \text{NH}_4\text{Cl} + \text{NH}_3$ ) с гидрофосфат-ионами образует белый осадок магний-аммоний фосфата:



15. Сульфит бария растворяется:

- а. в разбавленной серной кислоте;
- б. в разбавленной хлороводородной кислоте с выделением оксида серы(IV);
- в. в растворе хлорида натрия;
- г. нет верного ответа.

Ответ: б – Сульфит бария растворяется в разбавленных минеральных кислотах ( $\text{HCl}$ ,  $\text{HNO}_3$ ) с выделением газообразного оксида серы(IV).

16. При обнаружении карбонат-ионов проводят реакции:

- а. с раствором хлорида бария;
- б. с кислотами;
- в. с раствором иода;
- г. нет верного ответа.

Ответ: а, б – Карбонат-ионы с раствором хлорида бария образуют белый осадок, растворимый в кислотах (кроме  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ):  $\text{Ba}^{2+} + \text{CO}_3^{2-} \rightarrow \text{BaCO}_3$



Карбонат-ионы с кислотами образуют угольную кислоту, которая разлагается с выделением газообразного оксида углерода(II). Выделяющийся оксид углерода(II) обнаруживают баритовой или известковой водой – образуется осадок карбоната бария или карбоната кальция.

17. С помощью группового реагента на анионы можно доказать:

- а. отсутствие в смеси анионов той или иной аналитической группы;
- б. присутствие в смеси анионов определенной группы;
- в. наличие в смеси анионов конкретного аниона;
- г. нет верного ответа.

Ответ: а, б – Групповой реагент позволяет доказать отсутствие или присутствие в смеси анионов той или иной аналитической группы. Как правило, доказывают присутствие в смеси конкретного аниона с применением характерной реакции, т.е. дробным методом.

18. Для обнаружения бромид-ионов применяют:

- а. перманганат калия;
- б. формальдегид;
- в. иодид калия;
- г. нет верного ответа.

Ответ: а – Бромид-ионы окисляются сильными окислителями ( $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{KBrO}_3$ , хлорная вода и др.). Выделяющийся бром хорошо растворяется в органических растворителях (хлороформ, тетрахлорметан, бензол и др.). Слой органического растворителя окрашивается в желто-оранжевый цвет.

19. Окраска иодида серебра:

- а. белая;      б. светло-желтая;      3. красная;      4. синяя.

Ответ: б – Катионы серебра с иодид-ионами образуют светло-желтый осадок иодида серебра:  $\text{Ag}^+ + \text{I}^- \rightarrow \text{AgI} \downarrow$ . Осадок не растворяется в  $\text{HNO}_3$  и  $\text{NH}_3$ , растворяется в растворе тиосульфата натрия.

20. В кислой среде иодид-ионы окисляются:

1. перманганатом калия;
2. нитритом натрия;
3. хлоридом железа(III);
4. нет верного ответа.

Ответ: 1,2,3 – Иодид-ионы окисляются как сильными ( $\text{KMnO}_4$  так и средней силы окислителями ( $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{NaNO}_2$ ).

21. При совместном присутствии в растворе бромид- и иодид-ионов вначале окисляется хлорной водой:

- а. бромид-ион;
- б. иодид-ион;
- в. одновременно окисляют иодид- и бромид-ионы;
- г. нет верного ответа.

Ответ: б – Первыми окисляются хлорной водой иодид-ионы (слой органического растворителя – хлороформа окрашивается в фиолетовый цвет). Затем хлорная вода окисляет иод до  $\text{HIO}_3$  (фиолетовая окраска хлороформа исчезает). Бромид-ионы окисляются хлорной водой до молекулярного брома (слой хлороформа окрашивается в оранжевый цвет).

22. Хлорид- и иодид-ионы с катионами свинца(II) образуют:

- а. белые осадки;
- б. желтые осадки;
- в. желто-зеленые осадки;
- г. нет верного ответа.

Ответ: г – Хлорид-ионы с катионами свинца образуют белый осадок  $PbCl_2$ , а окраска иодида свинца  $PbI_2$  – желтая. Осадки  $PbCl_2$  и  $PbI_2$  растворяются в воде при нагревании.

23. Хлорид-ионы окисляются:

- а. иодом в нейтральной среде;
- б. перманганатом калия в сернокислой среде;
- в. нитратом серебра в азотнокислой среде;
- г. нет верного ответа.

Ответ: б – Сильные окислители ( $KMnO_4$ ,  $PbO_2$  и др.) окисляют хлорид-ионы до молекулярного хлора. Для обнаружения газообразного хлора применяют иодид-крахмальную бумагу (появляется синее пятно).

24. При обнаружении сульфид-ионов применяют:

- а. ацетат свинца;
- б. формальдегид;
- в. реактив Несслера;
- г. нет верного ответа.

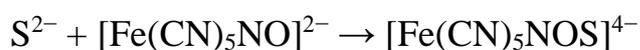
Ответ: а – При взаимодействии сульфид-ионов с сильными кислотами образуется газообразный сероводород:  $S^{2-} + 2H^+ \rightarrow H_2S \uparrow$ .

Выделяющийся сероводород с ацетатом свинца образует черный осадок  $PbS$ :  $H_2S + Pb(CH_3COO)_2 \rightarrow PbS \downarrow + 2CH_3COOH$

25. Нитропруссид натрия применяется при обнаружении:

- а. карбонат-ионов;
- б. сульфид-ионов;
- в. сульфат-ионов;
- г. ацетат-ионов.

Ответ: б – В щелочной среде сульфид-ионы с нитропруссидом натрия образуют комплексное соединение фиолетового цвета:



26. Третья аналитическая группа анионов содержит:

- 1. сульфат -, карбонат -, ацетат - ионы;

2. ацетат-, нитрит-, нитрат-ионы;
3. хлорид-, бромид-, нитрит-ионы;
4. нет верного ответа.

Ответ: б – Анионы третьей аналитической группы не имеют группового реагента, к ним относятся ацетат-, нитрит-, нитрат-ионы. Сульфат-, карбонат-ионы входят в первую аналитическую группу (групповой реагент – раствор хлорида бария), хлорид-, бромид-ионы – во вторую аналитическую группу (групповой реагент – раствор нитрата серебра).

27. Открытие бромид- и иодид- ионов при совместном присутствии:

- а. невозможно;
- б. возможно;
- в. проводят с применением реактива Несслера;
- г. нет верного ответа.

Ответ: б – Открытие бромид - и иодид-ионов при совместном присутствии проводят с применением хлорной воды и хлороформа. Вначале иодид-ионы окисляются хлором до свободного йода, который окрашивает слой хлороформа в фиолетовый цвет, а затем йод окисляется до бесцветных йодат ионов. При последующем прибавлении хлорной воды и встряхивании смеси окисляются бромид-ионы до брома и слой органического растворителя окрашивается в желто-бурый цвет.

28. Выделение сероводорода при подкислении анализируемого вещества свидетельствует о наличии:

- а. сульфитов;    б. сульфидов;    в. сульфатов;    г. нет верного ответа.

Ответ: б – Появление газа со специфическим запахом при подкислении анализируемого вещества свидетельствует о наличии сульфидов (выделяется сероводород):  $S^{2-} + 2H^+ \rightarrow H_2S \uparrow$

29. Выделение белого нерастворимого в хлороводородной кислоте осадка при обработке анализируемого раствора хлоридом бария указывает на возможное наличие в пробе:

- а. сульфитов;    б. сульфатов;    в. сульфидов;    г. нет верного ответа.

Ответ: б – Сульфат бария в отличие от других нерастворимых солей бария не растворяется в хлороводородной кислоте.

30. Если при добавлении нитрата серебра к анализируемому азотнокислородному раствору не выпадает осадок, то это свидетельствует:

- а. об отсутствии анионов второй аналитической группы;
- б. о наличии анионов первой аналитической группы;
- в. о наличии анионов третьей аналитической группы;
- г. нет верного ответа.

Ответ: а – Если осадок не выпадает, то это свидетельствует о том, что анионов второй аналитической группы в анализируемом растворе нет. Анионы первой и третьей аналитических групп в этом случае могут быть в растворе, а могут и не быть.

## **II. Терминологические диктанты**

### ***Методические рекомендации при подготовке к терминологическому диктанту (ТД).***

Терминологический диктант (ТД) – эффективная форма проверки усвоения терминологического аппарата, выполняющая при этом ряд дополнительных функций: тренировку концентрации внимания уровня развития оперативной памяти, способности актуализировать информацию. Существенное его достоинство – экономичность во времени: на ответы по каждой теме (10 вопросов) отводится не более 10-15 минут. С другой стороны, это и фронтальная проверка усвоенных знаний, так и самопроверка. Его особенность состоит в том, что практически не отводится время на раздумье – ответ должен даваться сразу после прочтения вопроса. Таким образом, данная форма проверки направлена на выявление актуальных знаний.

***Тема: Физические константы для определения чистоты вещества.***

#### **Плотность.**

1. Дайте определение плотности.
2. Что такое относительная плотность?
3. Перечислите единицы измерения плотности.

4. Как влияет на изменение плотности температура, давление?
5. Какие существуют методы измерения плотности?
6. Какой из классических методов лежит в основе определения плотности с помощью пикнометра?
7. Какой параметр необходим для расчета плотности пикнометрическим методом?
8. Какая процедура выполняется перед измерением плотности пикнометром?
9. Почему плотность является физической константой?
10. Что такое денсиметрия?

### **Вязкость.**

1. Дайте определение вязкости.
  2. Какие два вида течения жидкости различают? Отличия в характеристиках.
  3. Дайте определение динамической вязкости.
  4. Дайте определение кинематической вязкости.
  5. Единицы измерения вязкости.
  6. Относительная вязкость, формула.
  7. Что называют текучестью? Какова ее зависимость от вязкости?
  8. Как зависит вязкость от температуры, вида жидкости, от давления (жидкости, газы)?
1. Какой закон лежит в основе работы вискозиметра?
  2. Какой параметр необходим для определения кинематической вязкости с помощью капиллярного вискозиметра?

### **Температура кипения, температура плавления.**

1. Дайте определение процессу плавления.
2. Определение конгруэнтного плавления.
3. Определение инконгруэнтного плавления.
4. Какой интервал температур отличает предплавление от собственно плавления?
5. Каков примерно температурный интервал плавления для чистых органических и неорганических веществ?

6. Какую информацию дает температура плавления?
7. Дайте определение процессу кипения.
8. Чем отличается процесс кипения от испарения?
9. При каких условиях закипает любая жидкость?
10. Как влияет давление на температуру кипения?

### **III. Контрольные лабораторные аналитические задачи**

**Методические рекомендации для выполнения контрольной лабораторной аналитической задачи (КЛАЗ).** Целью КЛАЗ является закрепление знаний по изученной теме и навыков анализа качественного состава исследуемого раствора, содержащего ионы одной либо нескольких аналитических групп. Перед выполнением такой серьезной работы необходимо повторить теоретический материал по изучаемой теме, лабораторные работы с аналитическими реакциями обнаружения ионов. Кроме того, для лучшего усвоения сущности качественных химических реакций, условий проведения необходимо постоянно их прописывать в черновике при повторении материала. Необходимо ознакомиться и закрепить составление схем анализа той или иной аналитической группы ионов. Изучить реактивы и оборудование для проведения контрольного анализа.

#### Анализ смеси катионов первой аналитической группы

*(контрольная задача 1)*

Ход систематического анализа: *1 – открытие ионов аммония → 2 – удаление ионов аммония → 3 – окрашивание пламени → 4 – открытие катионов калия → 5 – открытие ионов натрия.*

Вопросы для контроля знаний:

1. Способы выполнения химического анализа.
2. Как классифицируются аналитические реакции?
3. Основные характеристики дробного и систематического анализа.
4. Какие существуют типы классификаций ионов, на каких признаках они основаны?
5. Какие технические операции применяются в химическом анализе?

Каким реактивом можно открыть  $K^+$ .

### Анализ смеси катионов второй аналитической группы

(контрольная задача 2)

Ход систематического анализа: 1 – отделение хлорида свинца от хлоридов ртути (I) и серебра → 2 – открытие ионов свинца  $Pb^{2+}$  в центрифугате → 3 – открытие ртути (I) в осадке и растворение хлорида серебра → 4 – открытие ионов серебра  $Ag^+$  в центрифугате.

Вопросы для контроля знаний:

1. Общая характеристика катионов второй аналитической группы.
2. Чем различаются химико-аналитические свойства катионов подгруппы серебра от свойств катионов других аналитических групп?
3. Частные реакции ионов серебра и свинца?
4. Напишите уравнения реакции взаимодействия  $NH_4OH$  и  $NaOH$  с катионами подгруппы серебра.
5. Напишите уравнения реакции растворения  $PbSO_4$  в едкой щелочи.
6. Опишите ход систематического анализа открытия катионов второй аналитической группы.

### Анализ смеси катионов третьей аналитической группы

(контрольная задача 3)

Ход систематического анализа: 1 – открытие катионов бария и их отделение → 2 – осаждение катионов кальция и стронция → 3 – растворение осадка смеси катионов кальция и стронция → 4 – обнаружение катионов стронция осаждением и отделением из смеси → 5 – открытие катионов кальция в центрифугате.

После завершения контрольного анализа смеси катионов оформляется отчет в виде итоговой таблицы на развернутом листе или готовом бланке:

Номер этапа в схеме анализа	Название этапа в схеме анализа	Основные реактивы и условия проведения реакции	Аналитическая реакция	Наблюдаемый аналитический эффект	Заключение

**Вопросы для контроля знаний:**

1. Общая характеристика катионов III аналитической группы.
2. Частные реакции на катионы кальция, стронция и бария.
3. Почему карбонаты, образованные катионами III группы, в процессе анализа растворяют в уксусной кислоте, а не в соляной?
4. Почему карбонат бария  $BaCO_3$  растворяется и в соляной и в уксусной кислотах, а  $BaSO_4$  в этих кислотах не растворяется?
5. Почему при взаимодействии растворов с равной концентрацией ионов бария  $Ba^{2+}$  с серной кислотой выпадает большой осадок, а с насыщенным раствором сульфата кальция  $CaSO_4$  – небольшой.
6. Ход систематического анализа открытия катионов третьей группы в смеси катионов  $Ca^{2+}$ ,  $Ba^{2+}$ ,  $Sr^{2+}$ .

Анализ смеси катионов I, II, III аналитических групп

(контрольная задача 4)

*Ход контрольного анализа:*

**I этап.** На отдельных пробах проведите реакции с растворами групповых реагентов для определения присутствия катиона той или иной аналитической группы:

а) групповой реагент  $HCl$  (2 н.) \_\_\_\_\_ осадка укажет на присутствие катиона II группы;

б) групповой реагент  $H_2SO_4$  (2 н.) \_\_\_\_\_ осадка укажет на присутствие катиона III группы;

- подобный результат дает катион  $Pb^{2+}$ ;

- нехарактерный осадок дает катион  $Ca^{2+}$ , подтвердите соответствующей реакцией.

в) реакция с раствором  $Na_2CO_3$  (2 н.) – если осадок не образуется, то это указывает на присутствие катиона из I группы, тогда как катионы других групп образуют с данным реагентом *нерастворимые карбонаты*.

**II этап.** Используя *дробный анализ* определите присутствие катионов I – III групп в следующей последовательности:  $Pb^{2+}$ ,  $Ag^+$ ,  $Ba^{2+}$ ,  $Sr^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $NH_4^+$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$ .

**III этап.** После завершения контрольного анализа смеси катионов оформляется отчет в виде итоговой таблицы на развернутом листе или готовом бланке. По окончании оформления формулируется вывод о присутствии катионов первой, второй и третьей аналитических групп в исследуемом растворе.

#### Анализ смеси анионов второй аналитической группы

(контрольная задача 5)

Примерная схема систематического анализа:

*1 – открытие сульфид-анионов  $S^{2-}$  → 2 – отделение  $S^{2-}$  осаждением их ионами цинка  $Zn^{2+}$  → 3 – отделение анионов  $Cl^-$ ,  $Br^-$ ,  $I^-$  от других анионов осаждением их в виде  $AgCl$ ,  $AgBr$ ,  $AgI$  в азотнокислой среде → 4 – извлечение хлорид-анионов  $Cl^-$  из осадка и их открытие → 5 – перевод в раствор  $Br^-$ ,  $I^-$  и их открытие.*

После завершения контрольного анализа смеси анионов оформляется отчет в виде итоговой таблицы на развернутом листе или готовом бланке. По окончании оформления формулируется вывод о присутствии катионов первой, второй и третьей аналитических групп в исследуемом растворе.

#### **IV. Домашние индивидуальные задания**

**Методические рекомендации для выполнения для выполнения домашних индивидуальных заданий (ДИЗ).** Домашние индивидуальные задания выполняются в отдельной тетради. На обложке тетради указываются фамилия, имя студента, номер группы, факультет и номер варианта. Номера вариантов определяет преподаватель. ДИЗ выполняются после освоения всех тем, задания по которым представлены в вариантах. Все задания выполняются по порядку.

Необходимо внимательно прочитать задание перед выполнением, а после решения убедиться, что все пункты задания выполнены. Если возникли затруднения, то можно обратиться к преподавателю за консультацией.

Задания должны быть выполнены без исправлений и помарок.

Домашние работы сдаются на проверку в установленные преподавателем сроки. При несвоевременной сдаче работы оценка за нее при рейтинговой системе оценки снижается согласно штрафным требованиям. Если в домашней ра-

боте имеются ошибки, то после проверки работа выдается студенту для их исправления. Исправление ошибок производится отдельно (неверно выполненное задание решается заново), а не в тексте уже проверенной работы.

Каждая последующая домашняя работа выдается студенту только после выполнения предыдущей.

### Домашнее индивидуальное задание № 1

#### Водородный показатель в растворах кислот и оснований

Водородный показатель  $pH = -\lg[H^+]$ . Гидроксильный показатель  $-\lg[OH^-]$ ,  $pH + pOH = 14$ .

Водородный показатель в растворах сильных кислот определяется по формуле:  $pH = -\lg C_{к-ты}$ , где  $C_{к-ты}$  – молярная концентрация кислоты.

Водородный показатель в растворах сильных оснований определяется по формуле:  $pH = 14 + \lg C_{осн.}$ ,  $C_{осн.}$  – молярная концентрация основания.

Водородный показатель в растворах слабых кислот определяется по формуле:  $pH = -\lg\sqrt{K_{дисс.} \cdot C_{к-ты}}$ , где  $K_{дисс.}$  – константа диссоциации кислоты.

Водородный показатель в растворах слабых оснований определяется по формуле:  $pH = 14 + \lg\sqrt{K_{дисс.} \cdot C_{осн.}}$ .

#### Примеры.

**№ 1.** Рассчитайте pH 0,002M раствора  $H_2CO_3$ .

**Решение:** При расчетах водородного показателя растворов слабых электролитов следует учитывать диссоциацию только по первой ступени.

$H_2CO_3 \leftrightarrow H^+ + HCO_3^-$ .  $K_{дисс.} = 4,45 \cdot 10^{-7}$ . Расчет проводим по формуле для слабых кислот  $pH = -\lg\sqrt{K_{дисс.} \cdot C_{к-ты}} = -\lg\sqrt{4,45 \cdot 10^{-7} \cdot 2 \cdot 10^{-3}} \approx -\lg 3 \cdot 10^{-5} \approx 4,52$ .

**№ 2.** В 500 мл раствора содержится 1,47 г серной кислоты. Определите pH этого раствора.

**Решение:** Прежде всего, определим молярную концентрацию данного раствора (C).  $C = m / M \cdot V = 1,47 / 98 \cdot 0,5 = 0,03M$

Серная кислота сильная кислота. А сильные электролиты в растворах полностью распадаются на ионы:  $H_2SO_4 \rightarrow 2H^+ + SO_4^{2-}$

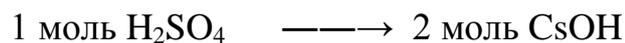
Поэтому  $[\text{SO}_4^{2-}] = 0,03$  моль/л, а  $[\text{H}^+] = 0,06$  моль/л.

$$\text{pH} = -\lg 2C_{\text{к-ты}} = -\lg 2 \cdot 0,03 = -\lg 6 \cdot 10^{-2} = -(-2) - \lg 6 = 2 - 0,7782 \approx 1,22.$$

**№ 3.** В одном литре раствора содержатся 0,3 моль  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и 0,3 моля  $\text{CsOH}$ .

Определите pH данного раствора.

**Решение:** Согласно реакции  $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2 = \text{Cs}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$  в точке эквивалентности на 1 моль серной кислоты приходится 2 моля гидроксида цезия. Составляем пропорцию:



Следовательно, после реакции в растворе останется  $(0,3 - 0,15 = 0,15)$  не израсходованных 0,15 моль серной кислоты. Объем раствора 1 л. Следовательно, концентрация серной кислоты в растворе 0,15 моль/л. При диссоциации 0,15 молей серной кислоты образуется  $2 \cdot 0,15 = 0,3$  моль катионов водорода.

$$\text{Тогда: } \text{pH} = -\lg C_{\text{к-ты}} = -\lg 0,3 = -\lg 3 \cdot 10^{-1} = 1 - 0,4771 = 0,5329 \approx 0,53$$

### ***Вариант № 1***

1. В 250 мл раствора содержится 0,91 г  $\text{HCl}$ . Определите pH раствора.
2. Определите pH в 0,005 М растворе гидроксида аммония.
3. В одном литре раствора содержится 0,1 моль  $\text{HCl}$  и 0,2 моля  $\text{NaOH}$ .

### ***Вариант № 2***

1. Определите pH раствора, в литре которого растворено 0,365 г хлористого водорода.
2. Определите pH в 0,007 М растворе гидроксида натрия.
3. В одном литре раствора содержатся 0,01 моль  $\text{HCl}$  и 0,03 моля  $\text{NaOH}$ .  
Определите pH данного раствора.

### ***Вариант № 3***

1. Определите pH раствора, в двух литрах которого растворено 0,073 г хлористого водорода.
2. Определите pH в 0,009 М растворе гидроксида аммония.

3. В одном литре раствора содержатся 0,01 моль HCl и 0,04 моля NaOH.  
Определите pH данного раствора.

***Вариант № 4***

1. Определите pH раствора, в 500 мл которого содержится 4,9 г H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.
2. Определите pH в 0,04 М растворе гидроксида рубидия.
3. В одном литре раствора содержатся 0,2 моль HCl и 0,1 моля NaOH.  
Определите pH данного раствора.

***Вариант № 5***

1. Определите pH раствора, в 1 л которого содержится 0,98 г H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.
2. Определите pH в 0,004 М растворе гидроксида рубидия.
3. В одном литре раствора содержатся 0,02 моль HCl и 0,3 моля NaOH.  
Определите pH данного раствора.

***Вариант № 6***

1. Определите pH раствора, в 2-х литрах которого содержится 0,196 г H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.
2. Определите pH в 0,4 М растворе гидроксида рубидия.
3. В одном литре раствора содержатся 0,003 моль HCl и 0,004 моля NaOH.  
Определите pH данного раствора.

***Вариант № 7***

1. Определите pH раствора, в 500 мл которого содержится 9,45 г HNO<sub>3</sub>.
2. Определите pH в 0,02 М растворе гидроксида бария.
3. В одном литре раствора содержатся 0,1 моль HNO<sub>3</sub> и 0,2 моля KOH.  
Определите pH данного раствора.

### ***Вариант № 8***

1. Определите рН раствора азотной кислоты, в литре которого содержится 1,89 г вещества.
2. Определите рН в 0,004 М растворе гидроксида бария.
3. В одном литре раствора содержатся 0,01 моль  $\text{HNO}_3$  и 0,03 моля  $\text{KOH}$ .  
Определите рН данного раствора.

### ***Вариант № 9***

1. Определите рН раствора азотной кислоты, в 3-х литрах которого содержится 0,189 г вещества.
2. Определите рН в 0,0006 М растворе гидроксида бария.
3. В одном литре раствора содержатся 0,1 моль  $\text{HNO}_3$  и 0,4 моля  $\text{KOH}$ .  
Определите рН данного раствора.

### ***Вариант № 10***

1. Определите рН 0,1 М раствора гидроксида натрия.
2. Определите рН 0,003 М раствора азотистой кислоты.
3. В одном литре раствора содержатся 0,002 моль  $\text{HNO}_3$  и 0,001 моля  $\text{KOH}$ .  
Определите рН данного раствора.

### ***Вариант № 11***

1. Определите рН раствора гидроксида натрия, в 500 мл которого содержится 0,2 г вещества.
2. Определите рН 0,03 М раствора азотистой кислоты.
3. В одном литре раствора содержатся 0,02 моль  $\text{HNO}_3$  и 0,03 моля  $\text{KOH}$ .  
Определите рН данного раствора.

### ***Вариант № 12***

1. Определите рН раствора гидроксида натрия, в литре которого содержится 0,04 г вещества.
2. Определите рН в 0,3 М раствора азотистой кислоты.

3. В одном литре раствора содержатся 0,3 моль  $\text{HNO}_3$  и 0,4 моля  $\text{KOH}$ .  
Определите pH данного раствора.

***Вариант № 13***

1. Определите pH раствора гидроксида калия, в 250 мл которого растворен 1,0 г вещества.
2. Определите pH в 0,006 М раствора сернистой кислоты.
3. В одном литре раствора содержатся 0,001 моль  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и 0,003 моля  $\text{KOH}$ . Определите pH данного раствора.

***Вариант № 14***

1. Определите pH раствора гидроксида калия, в 500 мл которого растворено 0,28 г вещества.
2. Определите pH в 0,06 М раствора сернистой кислоты.
3. В одном литре раствора содержатся 0,001 моль  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и 0,004 моля  $\text{KOH}$ . Определите pH данного раствора.

***Вариант № 15***

1. Определите pH раствора гидроксида калия, в 3-х литрах которого растворено 0,168 г вещества.
2. Определите pH 0,6 М раствора сернистой кислоты.
3. В одном литре раствора содержатся 0,02 моль  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и 0,02 моля  $\text{KOH}$ .  
Определите pH данного раствора.

***Вариант № 16***

1. Определите pH раствора гидроксида бария, в 250 мл которого растворено 4,275 г вещества.
2. Определите pH 0,007 М раствора сероводородной кислоты.
3. В одном литре раствора содержатся 0,003 моль  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и 0,004 моля  $\text{KOH}$ . Определите pH данного раствора.

### ***Вариант № 17***

1. Определите рН раствора гидроксида бария, в литре которого содержится 1,71 г вещества.
2. Определите рН в 0,07 М раствора сероводородной кислоты.
3. В одном литре раствора содержатся 0,03 моль  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и 0,08 моля  $\text{KOH}$ . Определите рН данного раствора.

### ***Вариант № 18***

1. Определите рН раствора гидроксида бария, в 3-х литрах которого содержится 0,513 г вещества.
2. Определите рН в 0,7 М раствора сероводородной кислоты.
3. В одном литре раствора содержатся 0,1 моль  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и 0,3 моля  $\text{KOH}$ . Определите рН данного раствора.

### ***Вариант № 19***

1. Определите рН раствора гидроксида кальция, в 250 мл которого содержится 1,85 г вещества.
2. Определите рН в 0,0005 М раствора угольной кислоты.
3. В одном литре раствора содержатся 0,001 моль  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и 0,003 моля  $\text{CsOH}$ . Определите рН данного раствора.

### ***Вариант № 20***

1. Определите рН раствора гидроксида кальция, в 500 мл которого содержится 0,37 г вещества.
2. Определите рН в 0,005 М раствора угольной кислоты.
3. В одном литре раствора содержатся 0,001 моль и 0,004 моля  $\text{CsOH}$ . Определите рН данного раствора.

## **Домашнее индивидуальное задание № 2**

### **Произведение растворимости**

В общем виде для малорастворимого электролита произведение растворимости выражается уравнением:  $PP = [Kt]^a \cdot [An]^b$ , где  $[Kt]$  и  $[An]$  – равновесные концентрации катионов и анионов, образующихся при электролитической диссоциации электролита;  $a$  и  $b$  – стехиометрические коэффициенты в формуле у катиона и аниона.

Например,  $PP(AgCl) = [Ag^+] \cdot [Cl^-]$ ;  $PP(Ag_2S) = [Ag^+]^2 \cdot [S^{2-}]$ .

Значения ПР труднорастворимых электролитов при стандартных условиях приведены в справочниках.

ПР характеризует растворимость твердого электролита при данной температуре. Из двух однотипных солей (например,  $CaSO_4$  и  $BaSO_4$ ) большей растворимостью обладает та соль, у которой ПР больше. *Растворимость ( $s$  или  $x$ ) вещества при данной температуре измеряется концентрацией его насыщенного раствора.*

### Примеры.

**№ 1.** Растворимость ( $S$  или  $X$ ) гидроксида магния  $Mg(OH)_2$  при  $25^\circ C$  равна  $0,031$  г/л. Вычислить произведение растворимости  $Mg(OH)_2$ .

**Решение.** Определим молярную концентрацию гидроксида магния.

$M(Mg(OH)_2) = 58,31$  г/моль, следовательно, можно составить пропорцию:

1 моль  $Mg(OH)_2$  ——— 58,31 г

$x$  молей ——— 0,031 г

$x = 0,031/58,31 = 5,3 \cdot 10^{-4}$  моль

Но  $5,3 \cdot 10^{-4}$  моль содержатся в 1 л раствора, следовательно, молярная концентрация  $Mg(OH)_2$  равна  $5,3 \cdot 10^{-4}$  моль/л.

Напишем уравнение диссоциации гидроксида магния:



При диссоциации одного моля  $Mg(OH)_2$  образуются 1 моль  $Mg^{2+}$  и 2 моль  $OH^-$ . Поэтому можно записать следующее:  $[Mg^{2+}] = [Mg(OH)_2] = 5,3 \cdot 10^{-4}$  моль/л.

$[OH^-] = 2[Mg(OH)_2] = 10,6 \cdot 10^{-4}$  моль/л.

Отсюда  $PP(Mg(OH)_2) = [Mg^{2+}] \cdot [OH^-]^2 = 5,3 \cdot 10^{-4} \cdot (10,6 \cdot 10^{-4})^2 = 5,95 \cdot 10^{-10}$ .

Зная величину ПР электролита можно вычислить его растворимость ( $S$  или  $X$ ) в моль/л и в г/л и наоборот.

### *Расчет растворимости.*

Зная величину ПР электролита, можно вычислить его **растворимость в моль/л**:

а) для бинарных труднорастворимых электролитов, например,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{BaSO}_4$  и др.  $S^2 = \text{ПР}$ , отсюда  $S = \sqrt{\text{ПР}}$ ;

б) для трехионного электролита, например,  $\text{CaF}_2$ ,  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  и др.

$4S^3 = \text{ПР}$ , отсюда  $S = \sqrt[3]{\text{ПР}/4}$ ;

в) для четырехионного электролита, например,  $\text{Ag}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{BiI}_3$  и др.

$27S^4 = \text{ПР}$ , отсюда  $S = \sqrt[4]{\text{ПР}/27}$ ;

г) для пятиионного электролита, например,  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{Bi}_2\text{I}_3$  и др.

$108S^5 = \text{ПР}$ , отсюда  $S = \sqrt[5]{\text{ПР}/108}$ .

**№ 2.** Произведение растворимости  $\text{Ni}(\text{OH})_2$  при комнатной температуре равно  $1,6 \cdot 10^{-14}$ . Какова растворимость  $\text{Ni}(\text{OH})_2$  в моль/л и г/л?

*Решение.* А) Находим растворимость  $\text{Ni}(\text{OH})_2$  в моль/л.

$s_{\text{Ni}(\text{OH})_2} = \sqrt[3]{\text{ПР}/4} = \sqrt[3]{1,6 \cdot 10^{-14}/4} = 1,6 \cdot 10^{-5}$  моль/л.

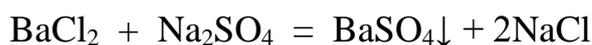
Б) А теперь находим растворимость  $\text{Ni}(\text{OH})_2$  в г/л. Масса 1 моля  $\text{Ni}(\text{OH})_2$  93 г ( $M_{\text{Ni}(\text{OH})_2} = 93$  г/моль), значит  $S_{\text{Ni}(\text{OH})_2} = 1,6 \cdot 10^{-5} \cdot 93 = 1,5 \cdot 10^{-3}$  г/л. Следовательно, в 1 литре насыщенного раствора  $\text{Ni}(\text{OH})_2$  при комнатной температуре растворяется  $1,5 \cdot 10^{-3}$  г/л.

### *Процессы образования и растворения осадков.*

Знание ПР дает возможность лучше ориентироваться в процессах растворения и осаждения малорастворимых электролитов. Изменяя концентрацию ионов в насыщенных растворах, можно заставить соль или основание переходить из осадка в раствор, или, наоборот, из раствора выпадать в осадок.

**№ 3.** Образуется ли осадок  $\text{BaSO}_4$ , если к раствору, содержащему 4,1 г  $\text{BaCl}_2$  в 1 литре, прилить равный объем 0,01М раствор  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ?

*Решение.* Запишем схему образования осадка:



Молярная концентрация раствора сульфата натрия известна из условия задачи. Молярную концентрацию раствора  $\text{BaCl}_2$  необходимо определить, зная, что  $M_{\text{BaCl}_2} = 208,24$  г/моль, отсюда  $C_{\text{BaCl}_2} = 4,1/208,24 = 0,02$  М.

Условие образования осадка определяется неравенством  $[\text{Ba}^{2+}] \cdot [\text{SO}_4^{2-}] > \text{PP}(\text{BaSO}_4)$ , т.е. ионное произведение должно быть больше произведения растворимости.

Находим концентрации ионов осадка ( $[\text{Ba}^{2+}]$  и  $[\text{SO}_4^{2-}]$ ), зная концентрации хлорида бария и сульфата натрия и учитывая, что при сливании двух растворов происходит разбавление каждого из них.

$[\text{Ba}^{2+}] = [\text{BaCl}_2] = 0,02$  М. С учетом разбавления  $[\text{Ba}^{2+}] = 0,02/2 = 1 \cdot 10^{-2}$  М.

$[\text{SO}_4^{2-}] = [\text{Na}_2\text{SO}_4] = 0,01$  М. С учетом разбавления  $[\text{SO}_4^{2-}] = 0,01/2 = 5 \cdot 10^{-3}$  М.

Подставляем найденные значения концентраций ионов в выражение условия образования осадка:  $[\text{Ba}^{2+}] \cdot [\text{SO}_4^{2-}] = 1 \cdot 10^{-2} \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 5 \cdot 10^{-5}$ .

Сравниваем полученное значение с табличным значением произведения растворимости сульфата бария –  $\text{PP}(\text{BaSO}_4) = 1,08 \cdot 10^{-10}$ .

Таким образом,  $5 \cdot 10^{-5} > 1,08 \cdot 10^{-10}$ , следовательно, **осадок образуется**.

#### ***Вычисление концентрации ионов малорастворимого электролита в его насыщенном растворе.***

**№ 4.** Произведение растворимости  $\text{BaF}_2$  при  $18^\circ\text{C}$  равно  $1,7 \cdot 10^{-6}$ . Рассчитайте концентрацию ионов  $\text{Ba}^{2+}$  и  $\text{F}^-$  в насыщенном растворе  $\text{BaF}_2$  при этой температуре.

**Решение.**  $\text{BaF}_2$  диссоциирует по уравнению  $\text{BaF}_2 \leftrightarrow \text{Ba}^{2+} + 2\text{F}^-$ . При диссоциации  $\text{BaF}_2$  ионов  $\text{F}^-$  образуется в 2 раза больше, чем ионов  $\text{Ba}^{2+}$ .

Следовательно,  $C_{\text{F}^-} = 2C_{\text{Ba}^{2+}}$  или  $[\text{F}^-] = 2[\text{Ba}^{2+}]$ .

Произведение растворимости соли  $\text{PP}_{\text{BaF}_2} = [\text{Ba}^{2+}] \cdot [\text{F}^-]^2$ .

Выразим концентрацию ионов фтора через концентрацию ионов бария, тогда

$\text{PP}_{\text{BaF}_2} = [\text{Ba}^{2+}] \cdot (2[\text{Ba}^{2+}])^2 = 4[\text{Ba}^{2+}]^3 = 1,7 \cdot 10^{-6}$ .

*Концентрация ионов  $\text{Ba}^{2+}$  равна*

$$C_{\text{Ba}^{2+}} = \sqrt[3]{1,7 \cdot 10^{-6} / 4} = 0,75 \cdot 10^{-2} \text{ моль/л.}$$

Концентрация ионов  $F^-$  равна  $C_{F^-} = 0,75 \cdot 10^{-2} \cdot 2 = 1,50 \cdot 10^{-2}$  моль/л.

**Задание 2.1.** Рассчитать произведение растворимости малорастворимого электролита на основании данных о его растворимости.

№ варианта	Малорастворимый электролит		
	Название	Формула	Растворимость
1	Хлорид серебра	AgCl	$1,72 \cdot 10^{-3}$ , г/л
2	Бромид серебра	AgBr	$1,18 \cdot 10^{-4}$ , г/л
3	Роданид серебра	AgCNS	$1,14 \cdot 10^{-4}$ , г/л
4	Карбонат цинка	ZnCO <sub>3</sub>	$4,77 \cdot 10^{-4}$ , г/л
5	Карбонат бария	BaCO <sub>3</sub>	$1,62 \cdot 10^{-2}$ , г/л
6	Карбонат стронция	SrCO <sub>3</sub>	$5,90 \cdot 10^{-3}$ , г/л
7	Фторид свинца	PbF <sub>2</sub>	$4,90 \cdot 10^{-1}$ , г/л
8	Оксалат серебра	Ag <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	$4,25 \cdot 10^{-2}$ , г/л
9	Сульфит серебра	AgSO <sub>3</sub>	$1,55 \cdot 10^{-5}$ , моль/л
10	Хромат свинца	PbCrO <sub>4</sub>	$4,20 \cdot 10^{-5}$ , г/л
11	Гидроксид кобальта	Co(OH) <sub>2</sub>	$7,94 \cdot 10^{-4}$ , моль/л
12	Оксалат бария	BaC <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	$9,00 \cdot 10^{-2}$ , г/л
13	Хромат бария	BaCrO <sub>4</sub>	$2,77 \cdot 10^{-1}$ , г/л
14	Сульфат бария	BaSO <sub>4</sub>	$1,05 \cdot 10^{-5}$ , моль/л
15	Карбонат кальция	CaCO <sub>3</sub>	3,464 г в 500 мл
16	Оксалат кальция	CaC <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	$5,38 \cdot 10^{-3}$ , г/л
17	Хромат кальция	Ca CrO <sub>4</sub>	0,8313 г в 200 мл
18	Гидроксид кадмия	Cd(OH) <sub>2</sub>	$5,71 \cdot 10^{-3}$ , г/л
19	Оксалат кадмия	CdC <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	$4,91 \cdot 10^{-3}$ г в 200 мл
20	Карбонат кадмия	CdCO <sub>3</sub>	$2,76 \cdot 10^{-3}$ , г/л
21	Карбонат кобальта	CoCO <sub>3</sub>	$3,74 \cdot 10^{-7}$ , моль/л
22	Оксалат кобальта	CoC <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	$7,38 \cdot 10^{-3}$ г в 200 мл
23	Фторид кальция	CaF <sub>2</sub>	$1,58 \cdot 10^{-2}$ , г/л
24	Карбонат магния	MgCO <sub>3</sub>	$4,58 \cdot 10^{-3}$ , моль/л
25	Гидроксид кобальта	Co(OH) <sub>2</sub>	$1,43 \cdot 10^{-3}$ , г/л

**Задание 2.2.** Вычислить выпадет ли осадок труднорастворимого электролита при смешивании равных объемов указанных электролитов\*

№ варианта	Электролит 1		Электролит 2	
	Формула	Молярная концентрация	Формула	Молярная концентрация
1	AgNO <sub>3</sub>	0,1	KBrO <sub>3</sub>	0,2
2	AgNO <sub>3</sub>	0,1	KCN	0,2
3	AgNO <sub>3</sub>	0,1	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0,2

4	Na <sub>2</sub> S	0,1	ZnCl <sub>2</sub>	0,2
5	AgNO <sub>3</sub>	0,1	HCl	0,2
6	AgNO <sub>3</sub>	0,01	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	0,02
7	AgNO <sub>3</sub>	0,01	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	0,02
8	AgNO <sub>3</sub>	0,01	Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	0,02
9	BaCl <sub>2</sub>	0,01	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0,02
10	BaCl <sub>2</sub>	0,01	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	0,02
11	BaCl <sub>2</sub>	0,2	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	0,4
12	BaCl <sub>2</sub>	0,2	NaF	0,4
13	BaCl <sub>2</sub>	0,2	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,4
14	CaCl <sub>2</sub>	0,2	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0,4
15	CaCl <sub>2</sub>	0,2	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	0,4
16	CaCl <sub>2</sub>	0,02	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	0,04
17	CaCl <sub>2</sub>	0,02	NaF	0,04
18	CaCl <sub>2</sub>	0,02	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,04
19	Be(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0,02	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0,04
20	Bi(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0,02	KI	0,04
21	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0,5	ZnCl <sub>2</sub>	0,5
22	Cd(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0,5	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0,5
23	AlCl <sub>3</sub>	0,5	NaOH	0,5
24	MnSO <sub>4</sub>	0,5	KOH	0,5
25	Ni SO <sub>4</sub>	0,5	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0,5

\*При решении этих заданий используйте данные приложения 1.

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К СОСТАВЛЕНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ КОНСПЕКТОВ**

Конспект – это текст, представляющий собой запись, включающую выписки, тезисы, схемы, планы. А в переводе с латыни конспект означает «обзор».

Связующей основой становится логическая цепочка, которая соединяет все сокращения и все части записей. Конспектирование – это свертывание текста, в процессе которого не просто отбрасывается маловажная информация, но сохраняется, переосмысливается все то, что позволяет через определенный промежуток времени автору конспекта развернуть до необходимых рамок конспектируемый текст без потери информации. При этом используются сокращения слов, аббревиатуры, опорные слова, ключевые слова, формулировки отдельных положений, формулы, таблицы, схемы, позволяющие развернуть содержание конспектируемого текста. В практике вузовского обучения довольно часто для освоения ряда теоретических вопросов, которые невозможно рассмотреть на лекции из-за большого объема материала, предлагается изучить самостоятельно по рекомендованным литературным источникам и законспектировать.

Для составления тематического конспекта следует:

- осуществить подбор необходимой и рекомендованной литературы, наглядных пособий и иных учебных материалов;
- составить сложный план тематического конспекта, постоянно имея в виду конечную цель своей работы по изучению и осмыслению данной проблемы.

*Для грамотного написания конспекта необходимо:*

1. Записать название конспектируемого произведения (или его части) и его выходные данные.
2. Осмыслить основное содержание текста, дважды прочитав его.
3. Составить план - основу конспекта.
4. Конспектируя, оставить место (широкие поля) для дополнений, замечаний, записи незнакомых терминов и имен, требующих разъяснений.
5. Помнить, что в конспекте отдельные фразы и даже отдельные слова имеют более важное значение, чем в подробном изложении.

6. Применять определенную систему подчеркивания, сокращений, условных обозначений.

8. Соблюдать правила цитирования - цитату заключать в кавычки, давать ссылку на источник с указанием страницы.

Конспектировать разрешается в отдельных тетрадях или в лекционной. Планом семестра определяются сроки сдачи конспектов на проверку преподавателю.

№ п/п	Темы для самостоятельного конспектирования
1	Характеристика четвертой аналитической группы катионов, основные качественные реакции. Ход анализа смеси катионов 4 АГ.
2	Характеристика пятой аналитической группы катионов, основные качественные реакции. Ход анализа смеси катионов 5 АГ.
3	Характеристика шестой аналитической группы катионов, основные качественные реакции. Ход анализа смеси катионов 6 АГ.
4	Протолитические равновесия. Понятие о протолитической теории кислот и оснований. Понятие кислоты и основания с точки зрения теории Бренстеда и Лоури. Константы кислотности, основности и их показатели.
5	Буферные системы. Значения рН буферных растворов. Основные характеристики буферных растворов. Буферная емкость. Использование буферных систем в анализе.
6	Методы разделения и концентрирования веществ в аналитической химии. Классификация методов разделения и концентрирования. Осаждение и соосаждение. Применение экстракции в аналитической химии. Принцип метода жидкостной экстракции.

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЭКЗАМЕНУ ИЛИ ЗАЧЕТУ (С ОЦЕНКОЙ)**

Экзамен - это заключительная форма контроля, целью которой является оценка теоретических знаний и практических навыков, способности к мышлению, приобретение навыков самостоятельной работы, умение синтезировать полученные знания и применять их при решении практических задач.

К зачету с оценкой (экзамену) допускается студент, выполнивший в полном объеме задания, предусмотренные в рабочей программе. В случае пропуска каких-либо видов учебных занятий по уважительным или неуважительным причинам студент самостоятельно выполняет и сдает на проверку в письменном виде общие или индивидуальные задания, определяемые преподавателем. Зачет с оценкой (экзамен) по теоретическому курсу проходит в устной или письменной форме (определяется преподавателем) на основе перечня вопросов, которые отражают содержание действующей рабочей программы учебной дисциплины.

Студентам рекомендуется:

- готовиться к зачету (экзамену) в группе (два-три человека);
- внимательно прочитать вопросы к зачету (экзамену);
- составить план ответа на каждый вопрос, выделив ключевые моменты материала;
- изучив несколько вопросов, обсудить их с однокурсниками. Ответ должен быть аргументированным. Результаты сдачи экзаменов и зачетов с оценкой оцениваются отметкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

Ключевым моментом в облегчении подготовки к зачетам и экзаменам является активная работа на занятиях (внимательное прослушивание и тщательное конспектирование лекций, активное участие в практических занятиях) и регулярное повторение материала, выполнение домашних заданий. В таком случае требуется минимальная подготовка, заключающаяся в повторении и закреплении уже освоенного материал

Не позднее, чем за месяц до начала экзаменационной сессии студентам выдается перечень вопросов к экзамену или зачету (с оценкой). При подготовке к экзамену студент использует лекционный материал, конспекты изученных самостоятельно вопросов, а также рекомендуемые литературные источники, в том числе и интернет-ресурсы. При отсутствии зачета по лабораторному практикуму студент обязан в отведенное время в семестре защитить все лабораторные работы. Для более успешной работы над экзаменационными вопросами, рекомендуется обязательно делать записи химических реакций, математических формул, предусмотренных вопросами схем и диаграмм. Зачет с оценкой/зачет при отсутствии экзамена служит формой контроля усвоения дисциплины в целом.

### ***Примерные вопросы к зачету с оценкой***

1. Аналитическая химия и ее задачи. Виды анализа. Стадии химического анализа.
2. Основные характеристики методов анализа. Абсолютные и относительные методы. Выбор метода анализа. Способы повышения чувствительности и избирательности методов. Автоматизация анализа.
3. Предмет и задачи качественного анализа. Методы качественного анализа. Анализ «мокрым» и «сухим» путем. Макро-, микро- и ультрамикроданализ.
4. Системы качественного анализа катионов. Сульфидная система анализа, ее сущность. Положительные стороны и недостатки сульфидной системы анализа катионов.
5. Кислотно-щелочная система анализа катионов. Положительные стороны и недостатки кислотно-щелочной системы.
6. Чувствительность аналитических реакций и ее показатели.
7. Основные условия обнаружения ионов в растворе. Общеаналитические, групповые и специфические реакции и реагенты. Систематический и дробный ход анализа. Маскировка.
8. Аналитический сигнал. Предел обнаружения.
9. Метрологические требования к результатам измерений. Классификация погрешностей анализа.

10. Правильность и воспроизводимость анализа. Проверка правильности анализа: использование стандартных образцов, метод добавок и др.
11. Статистическая обработка результатов измерений.
12. Закон нормального распределения.  $t$  – Распределение. Сравнение дисперсий и средних двух методов анализа.
13. Представительность пробы в химическом анализе. Отбор средней пробы.
14. Подготовка пробы к анализу.
15. Закон действующих масс. Химическое равновесие. Термодинамические и концентрационные константы равновесия. Условные константы.
16. Скорость реакций, используемых в аналитической химии. Факторы, влияющие на скорость реакции. Механизмы реакций.
17. Идеальные и реальные системы. Факторы, влияющие на равновесие в реальных системах. Влияние сольватации на равновесие. Способы выражения констант равновесий в реальных системах.
18. Поведение электролитов и неэлектролитов в растворах. Теория Дебая-Хюккеля. Ионная сила раствора. Активность. Коэффициент активности.
19. Влияние химических факторов на равновесие. Уравнение материального баланса. Уравнение электронейтральности.
20. Современные представления о кислотах и основаниях. Теория Льюиса и другие теории.
21. Теория Бренстеда-Лоури.
22. Равновесие в системе: кислота - сопряженное основание- растворитель. Константы кислотности, основности, автопротолиза.
23. Влияние природы растворителя на силу кислоты и основания. Нивелирующий и дифференцирующий эффекты растворителя.
24. Буферные системы и их значение в анализе. Буферная емкость. Сущность буферного действия.
25. Использование буферных систем в химическом анализе.

26. Равновесия в растворах слабых кислот в присутствии солей этих кислот.
27. Равновесия в растворах слабых оснований в присутствии солей этих оснований.
28. Типы и свойства комплексных соединений используемых в аналитической химии.
29. Использование комплексных соединений для разделения, концентрирования, маскирования, обнаружения и определения элементов. Разрушение комплексных ионов. Подбор реагентов, разрушающих комплексные ионы.
30. Произведение растворимости. Растворимость. Факторы, влияющие на растворимость соединений.
31. Образование и растворение осадков. Превращение одних малорастворимых электролитов в другие.
32. Механизм образования осадков. Условия получения кристаллических осадков.
33. Загрязнение осадков: совместное и последующее осаждение, соосаждение. Старение осадка.

## РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ЛИТЕРАТУРНЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Аналитическая химия [Электронный ресурс]: учебное пособие/ А.И. Апарнев [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2011. – 104 с.– Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/44656>.
2. Васильев, В. П. Аналитическая химия: учеб.: рек. Мин. обр. РФ. Кн. 1: / В.П. Васильев. – М.: Дрофа, 2009. – 368 с.
3. Васильев, В.П. Аналитическая химия: учеб.: в 2 кн. Кн. 2: Физико-химические методы анализа. / В.П. Васильев. – Дрофа – 2009. – 384 с. (ЭБС Ун.-та – online)
4. Трифонова А.Н. Аналитическая химия [Электронный ресурс]: лабораторный практикум. Учебное пособие/ Трифонова А.Н., Мельситова И.В. – Электрон. текстовые данные. – Минск: Вышэйшая школа, 2013. – 161 с. (ЭБС «IPRbooks»).
5. Митрофанова, В.И. Аналитическая химия [Электронный ресурс]: лаб. практикум. Ч. 1. Очистка вещества. Определение степени чистоты вещества / В. И. Митрофанова; АмГУ, ИФФ. - Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2016. - 56 с. [http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU\\_Edition/7397.pdf](http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/7397.pdf)
6. Митрофанова, В.И. Аналитическая химия [Электронный ресурс]: лаб. практикум. Ч. 2. Качественный анализ / В. И. Митрофанова; АмГУ, ИФФ. - Благовещенск: Изд-во Амур.гос. ун-та, 2017. - 87 с. [http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU\\_Edition/7454.pdf](http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/7454.pdf)
7. Кудряшова А.А. Химические реакции в аналитической химии с примерами и задачами для самостоятельного решения [Электронный ресурс]: учебное пособие / Кудряшова А.А. — Электрон. текстовые данные.— Самара: РЕАВИЗ, 2011.— 75 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/10157>.
8. Краткий справочник физико-химических величин некоторых неорганических и органических соединений [Электронный ресурс] / — Электрон. текстовые данные. — Самара: РЕАВИЗ, 2011. — 68 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/18405>

9. Аналитическая химия [Электронный ресурс]: учебное пособие/ О.Б. Кукина [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – Воронеж: Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2014. – 162 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/30833>.

10. Мельникова М.А. Практикум по общей и аналитической химии: учеб. пособие/ М.А. Мельникова; АмГУ, ИФФ. – Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2008. – 128 с.

11. Харитонов, Юрий Яковлевич. Аналитическая химия (аналитика): В 2 кн.: учеб. для вузов: рек. Мин. обр. РФ. Кн. 1: Общие теоретические основы. Качественный анализ, 2003. – 616 с.

12. Лурье, Ю. Ю. Справочник по аналитической химии [Текст] / Ю. Ю. Лурье. - 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1989. – 448 с. – Предм. указ.: с. 436-447.

13. Алыкова, Т.В. Аналитическая химия объектов окружающей среды. Лабораторные работы. Вопросы. Задачи [Текст] / Т.В. Алыкова. – М.: Кнорус, 2016. – 196 с.

ПРОИЗВЕДЕНИЯ РАСТВОРИМОСТИ ТРУДНОРАСТВОРИМЫХ ВЕЩЕСТВ  
ПРИ КОМНАТНОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ

Вещество	ПР	Вещество	ПР
AgBr	$5,3 \cdot 10^{-13}$	FeS	$5,0 \cdot 10^{-18}$
AgCN	$1,4 \cdot 10^{-16}$	HgS	$1,6 \cdot 10^{-52}$
AgSCN	$1,0 \cdot 10^{-12}$	Hg <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	$1,3 \cdot 10^{-18}$
AgCl	$1,78 \cdot 10^{-10}$	Mg(OH) <sub>2</sub>	$7,1 \cdot 10^{-12}$
Ag <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	$1,2 \cdot 10^{-12}$	MgS	$2,0 \cdot 10^{-15}$
Ag <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	$1,1 \cdot 10^{-12}$	Mn(OH) <sub>2</sub>	$1,9 \cdot 10^{-13}$
Ag <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	$1,0 \cdot 10^{-10}$	MnS	$2,5 \cdot 10^{-10}$
AgI	$8,3 \cdot 10^{-17}$	NiCO <sub>3</sub>	$1,3 \cdot 10^{-7}$
Ag <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	$1,3 \cdot 10^{-20}$	Ni(OH) <sub>2</sub>	$2,0 \cdot 10^{-15}$
Al(OH) <sub>3</sub>	$3,2 \cdot 10^{-34}$	PbCO <sub>3</sub>	$7,5 \cdot 10^{-14}$
BaCO <sub>3</sub>	$4,0 \cdot 10^{-10}$	PbCl <sub>2</sub>	$1,6 \cdot 10^{-5}$
BaC <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	$1,1 \cdot 10^{-7}$	PbCrO <sub>4</sub>	$1,8 \cdot 10^{-14}$
BaCrO <sub>4</sub>	$1,2 \cdot 10^{-10}$	PbI <sub>2</sub>	$1,1 \cdot 10^{-9}$
BaSO <sub>4</sub>	$1,1 \cdot 10^{-10}$	Pb(OH) <sub>2</sub>	$7,9 \cdot 10^{-16}$
CaCO <sub>3</sub>	$3,8 \cdot 10^{-9}$	PbS	$2,5 \cdot 10^{-27}$
CaC <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	$2,3 \cdot 10^{-9}$	PbSO <sub>4</sub>	$1,6 \cdot 10^{-8}$
CaSO <sub>4</sub>	$2,5 \cdot 10^{-5}$	Sb <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	$1,0 \cdot 10^{-30}$
CdS	$1,6 \cdot 10^{-28}$	H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	$1,0 \cdot 10^{-10}$
Cr(OH) <sub>3</sub>	$6,3 \cdot 10^{-31}$	SnS	$2,5 \cdot 10^{-27}$
Cu(OH) <sub>2</sub>	$8,3 \cdot 10^{-20}$	SrCO <sub>3</sub>	$1,1 \cdot 10^{-10}$
CuS	$6,3 \cdot 10^{-36}$	SrC <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	$1,6 \cdot 10^{-7}$
FeCO <sub>3</sub>	$3,5 \cdot 10^{-11}$	SrSO <sub>4</sub>	$3,2 \cdot 10^{-7}$
Fe(OH) <sub>2</sub>	$7,1 \cdot 10^{-16}$	Zn(OH) <sub>2</sub>	$1,4 \cdot 10^{-17}$
Fe(OH) <sub>3</sub>	$6,3 \cdot 10^{-38}$	ZnS	$8,0 \cdot 10^{-26}$

**Валентина Ивановна Митрофанова,**  
*Доцент кафедры химии и химической технологии АмГУ, канд. хим. наук*

**Аналитическая химия. Методические указания для самостоятельной  
работы (часть 1)**  
Учебно-методическое пособие

---

Изд-во АмГУ. / Подписано к печати

Формат 60X84/16. Усл. печ. л. 4,65, уч.-изд.л. \_\_\_\_\_. Тираж \_\_\_\_\_. Заказ