

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Ребковец Ольга Александровна

Должность: И.о. Зав. кафедрой биологии и химии

Дата подписания: 26.05.2024 13:47:40

Уникальный программный ключ:

e789ec8739050582a1c5eb1702928ad11af5cfb

ОПОП

СМК-РПД-В1.П2-2022

Рабочая программа дисциплины Б1.В.01.03 «Аналитическая химия» для направления подготовки 44.03.05 «Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)», профили подготовки «Химия» и «Экология»

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Камчатский государственный университет имени Витуса Беринга»

Рассмотрено и утверждено на заседании  
кафедры биологии и химии  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г., протокол №\_\_  
И.о. зав. кафедрой биологии и химии  
\_\_\_\_\_ Е.А. Девятова

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ Б1.В.01.03 «Аналитическая химия»

**Направление подготовки (специальность):** 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)

**Профили подготовки:** «Химия» и «Экология»

**Квалификация выпускника:** бакалавр

**Форма обучения:** очная

**Курс** 3, 4                      **Семестр** 6, 7

**Зачет** 6 семестр, **экзамен** 7 семестр

**Год начала подготовки (по учебному плану)** 2022

Петропавловск-Камчатский 2022 г.

ОПОП	СМК-РПД-В1.П2-2022
Рабочая программа дисциплины Б1.В.01.03 «Аналитическая химия» для направления подготовки 44.03.05 «Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)», профили подготовки «Химия» и «Экология»	

Рабочая программа составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки), утвержденного Приказом Минобрнауки России от 22.02.2018 № 125.

Разработчик:

кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии и химии  
Станислав Валентинович Рогатых

ОПОП	СМК-РПД-В1.П2-2022
Рабочая программа дисциплины Б1.В.01.03 «Аналитическая химия» для направления подготовки 44.03.05 «Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)», профили подготовки «Химия» и «Экология»	

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Цель и задачи освоения дисциплины .....	4
2. Место дисциплины в структуре ОП ВО .....	4
3. Планируемые результаты обучения по дисциплине .....	4
4. Содержание дисциплины .....	5
5. Тематическое планирование .....	6
6. Самостоятельная работа .....	10
6.1. Планы семинарских (практических, лабораторных) занятий .....	10
6.2. Внеаудиторная самостоятельная работа .....	24
7. Перечень вопросов на экзамен .....	25
8. Учебно-методическое и информационное обеспечение .....	27
10. Материально-техническая база .....	32

ОПОП	СМК-РПД-В1.П2-2022
Рабочая программа дисциплины Б1.В.01.03 «Аналитическая химия» для направления подготовки 44.03.05 «Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)», профили подготовки «Химия» и «Экология»	

### 1. Цель и задачи освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование у обучающихся компетенций модуля Химия, приобретение ими способностей применять полученные систематические знания, умения и навыки в области аналитической химии в профессиональной деятельности, привить навыки и умения самостоятельной работы в лаборатории, выполнения экспериментальных исследований.

Задачи освоения дисциплины:

1. сформировать знания об анализе химических веществ;
2. развить представления о возможных превращениях веществ в лабораторных и природных условиях;
3. дать знания о механизмах химических процессов, происходящих в ходе химического анализа, о механизмах управления ими;
4. обсудить современные химические технологии, проблемы аналитической химии.

### 2. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Б.1. Дисциплины (модули), часть, формируемая участниками образовательных отношений. Для изучения дисциплины необходимы знания, умения и компетенции, полученные в ходе изучения общей и неорганической химии. Параллельно с изучением данной дисциплины студенты изучают дисциплину «Органическая химия». Дисциплина «Аналитическая химия» является необходимой основой для прохождения практики по прикладной химии и мониторингу окружающей среды, одной из ступеней подготовки к сдаче государственного экзамена и выполнению и защиты ВКР.

### 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 44.03.05 «Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)», профили подготовки «Химия» и «Экология»:

Шифр компетенции, формируемой в результате освоения дисциплины	Наименование компетенции	Результаты освоения компетенции
ОПК-8	Способен осуществлять педагогическую деятельность на основе специальных научных знаний	ОПК-8.1. Использует специальные научные знания (по профилю) в урочной и внеурочной деятельности, дополнительном образовании обучающихся. ОПК-8.2. Использует современные, в том числе интерактивные, формы и методы образовательной и воспитательной работы для осуществления проектной деятельности обучающихся, проведения лабораторных экспериментов, экскурсионной работы, полевой практики и т.п.
ПК-1	Способен осваивать и использовать теоретические знания и практические умения и навыки в предметной области при решении профессиональных	ПК-1.1. Знает структуру, состав и дидактические единицы предмета; научно-теоретические основы предметной области; основные технологии предметной области. ПК-1.2 Формулирует цели и задачи преподавания по предмету в соответствии с

ОПОП	СМК-РПД-В1.П2-2022
Рабочая программа дисциплины Б1.В.01.03 «Аналитическая химия» для направления подготовки 44.03.05 «Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)», профили подготовки «Химия» и «Экология»	

	задач.	<p>требованиями ФГОС и учётом особенностей обучающихся, в том числе с особыми образовательными потребностями; подбирает и применяет адекватные поставленным целям и задачам современные научно обоснованные средства и методы и формы обучения, технологии воспитания обучения; организует и осуществляет контроль и оценку учебных достижений, текущих и итоговых результатов освоения предметной области.</p> <p>ПК-1.3 Владеет навыками отбора учебного содержания занятий по предмету для реализации в различных формах обучения в соответствии с требованиями ФГОС; навыками организации и проведения занятий по предмету, а также оценки их эффективности в соответствии с требованиями ФГОС, содержанием действующих программ и спецификой контингента занимающихся; навыками использования профессиональной терминологии, речи и жестикуляции в процессе занятий.</p>
--	--------	---

#### 4. Содержание дисциплины

##### Модуль 1. Введение в аналитическую химию

Предмет аналитической химии. Химический анализ. Задачи, решаемые аналитической химией. Связь аналитической химии с другими отраслями науки. Значение аналитической химии. Основные этапы развития аналитической химии. Классификация методов анализа.

##### Модуль 2. Методы обнаружения и разделения

Характеристика аналитических реакций. Предел обнаружения. Методы снижения предела обнаружения. Маскирование. Специфичность, избирательность (селективность), специфические условия проведения реакций. Анализ мокрым и сухим путем. Термический анализ. Метод растирания порошков. Микрорентгенофлуоресцентный анализ. Капельный анализ. Макро-, полумикро-, микро- и ультрамикрорентгенофлуоресцентный анализ. Методы обнаружения и разделения посредством осаждения. Разделение посредством фазовых переходов: сублимация, зонная плавка. Открываемый минимум, предельная концентрация, предельное разбавление, минимальный объём предельно разбавленного раствора. Константы равновесия реакций, протекающих в растворах. Термодинамическая константа. Концентрационная константа. Условная константа. Расчет реальных и условных констант. Общий подход к решению равновесий. Кислотно-основные реакции. Основные положения протолитической теории кислот и оснований. Расчет рН растворов кислот и оснований: растворов сильных кислот и оснований, растворов слабых кислот и оснований, неводных растворов кислот и оснований, растворов амфолитов, буферных растворов, смесей кислот или оснований. Реакции окисления-восстановления. Стандартный электродный потенциал. Расчет констант окислительно-восстановительных реакций. Уравнение Нернста. Реакции комплексообразования. Способы выражения

ОПОП	СМК-РПД-В1.П2-2022
Рабочая программа дисциплины Б1.В.01.03 «Аналитическая химия» для направления подготовки 44.03.05 «Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)», профили подготовки «Химия» и «Экология»	

констант устойчивости комплексных соединений. Реакции осаждения-растворения. Расчет условий растворения и осаждения осадков. Кислотно-основной метод разделения катионов. Реакции обнаружения катионов первой аналитической группы. Реакции обнаружения катионов второй аналитической группы. Реакции обнаружения катионов третьей аналитической группы. Анализ смеси катионов 1-3 аналитических групп. Реакции обнаружения катионов четвертой аналитической группы. Реакции обнаружения катионов пятой аналитической группы. Реакции обнаружения катионов шестой аналитической группы. Анализ смеси катионов 4-6 аналитических групп. Реакции обнаружения анионов. Реакции обнаружения анионов первой аналитической группы. Реакции обнаружения анионов второй аналитической группы. Реакции обнаружения анионов третьей аналитической группы. Анализ смеси анионов 1-3 аналитических групп. Анализ смеси сухих солей.

### Модуль 3. Химические методы анализа

Гравиметрия. Механизм образования твердой фазы - теория кристаллизации. Соосаждение. Закономерности адсорбции на аморфных осадках. Методы устранения соосаждения. Использование соосаждения в аналитической химии. Коллоидные растворы в аналитической химии. Условия образования аморфных осадков. Строение коллоидных частиц. Коагуляция. Пептизация. Условия образования кристаллических осадков. Основы гравиметрического метода анализа. Требования к осаждаемой и гравиметрической формам. Применение метода возникающих реагентов. Расчет величины навески для гравиметрического анализа. Расчет количества осадителя. Расчет объема промывной жидкости. Обработка результатов гравиметрического анализа. Вычисление процентного содержания определяемого компонента. Вывод формулы анализируемого соединения. Техника взвешивания на аналитических весах. Взятие навески хлорида бария и хлорида натрия. Осаждение ионов бария серной кислотой. Фильтрование и промывание осадка. Сжигание фильтра и прокаливание осадка. Обработка результатов анализа. Титриметрические методы анализа. Способы выражения концентрации в аналитической химии. Способы и методы титрования. Требования к реакциям, применяемым в титриметрии. Способы и методы титрования. Способ пипетирования, способ отдельных навесок. Прямое титрование. Косвенное титрование: заместительное и обратное. Кислотно-основной метод титрования. Общая характеристика кислотно-основного титрования. Индикаторы кислотно-основного титрования. Выбор индикаторов кислотно-основного титрования. Принцип действия индикаторов. Погрешности титрования. Расчет скачков титрования. Титрование сильной кислоты (основания) сильным основанием (кислотой). Титрование многоосновных кислот и многокислотных оснований. Сборка установки для титрования щелочами. Приготовление растворов щелочи и щавелевой кислоты. Стандартизация раствора щелочи по щавелевой кислоте. Определение массы уксусной кислоты.

## 5. Тематическое планирование

### Модули дисциплины

№	Наименование модуля	Лекции	Практики/ семинары	Лабораторные	Сам. работа	Всего, часов
1	Введение в аналитическую химию	4	0	0	7	11
2	Методы обнаружения и разделения	36	22	0	75	133

ОПОП	СМК-РПД-В1.П2-2022
Рабочая программа дисциплины Б1.В.01.03 «Аналитическая химия» для направления подготовки 44.03.05 «Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)», профили подготовки «Химия» и «Экология»	

3	<b>Химические методы анализа</b>	36	22	0	50	108
<b>Всего</b>		76	44	0	132	252

**Тематический план  
Модуль 1**

№ темы	Тема	Кол-во часов	Компетенции по теме
	<b>Лекции</b>		
1	Предмет аналитической химии. Химический анализ	2	ОПК-8
2	Основные этапы развития аналитической химии. Классификация методов анализа	2	ОПК-8
	<b>Самостоятельная работа</b>		
1	Выдающиеся ученые, внесшие вклад в аналитическую химию	7	ПК-1

**Модуль 2**

№ темы	Тема	Кол-во часов	Компетенции по теме
	<b>Лекции</b>		
1	Характеристика аналитических реакций. Предел обнаружения. Методы снижения предела обнаружения	2	ОПК-8
2	Маскирование. Специфичность, избирательность (селективность), специфические условия проведения реакций	2	ОПК-8
3	Анализ мокрым и сухим путем. Термический анализ. Метод растирания порошков. Микрористаллоскопический анализ. Капельный анализ	2	ОПК-8
4	Макро-, полумикро-, микро- и ультрамикроанализ. Методы обнаружения и разделения посредством осаждения. Разделение посредством фазовых переходов: сублимация, зонная плавка	2	ОПК-8
5	Открываемый минимум, предельная концентрация, предельное разбавление, минимальный объем предельно разбавленного раствора	2	ОПК-8
6	Константы равновесия реакций, протекающих в растворах. Термодинамическая константа. Концентрационная константа. Условная константа. Расчет реальных и условных констант. Общий подход к решению равновесий.	2	ОПК-8

ОПОП	СМК-РПД-В1.П2-2022
Рабочая программа дисциплины Б1.В.01.03 «Аналитическая химия» для направления подготовки 44.03.05 «Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)», профили подготовки «Химия» и «Экология»	

7	Кислотно-основные реакции. Основные положения протолитической теории кислот и оснований. Расчет рН растворов кислот и оснований: растворов сильных кислот и оснований, растворов слабых кислот и оснований, неводных растворов кислот и оснований, растворов амфолитов, буферных растворов, смесей кислот или оснований	2	ОПК-8
8	Реакции окисления-восстановления. Стандартный электродный потенциал. Расчет констант окислительно-восстановительных реакций. Уравнение Нернста.	2	ОПК-8
9	Реакции комплексообразования. Способы выражения констант устойчивости комплексных соединений	2	ОПК-8
10	Реакции осаждения-растворения. Расчет условий растворения и осаждения осадков.	2	ОПК-8
11	Кислотно-основной метод разделения катионов. Реакции обнаружения катионов первой аналитической группы	2	ОПК-8
12	Реакции обнаружения катионов второй аналитической группы	2	ОПК-8
13	Реакции обнаружения катионов третьей аналитической группы	2	ОПК-8
14	Реакции обнаружения катионов четвертой аналитической группы	2	ОПК-8
15	Реакции обнаружения катионов пятой аналитической группы	2	ОПК-8
16	Реакции обнаружения катионов шестой аналитической группы	2	ОПК-8
17	Реакции обнаружения анионов. Реакции обнаружения анионов первой аналитической группы	2	ОПК-8
18	Реакции обнаружения анионов второй аналитической группы. Реакции обнаружения анионов третьей аналитической группы	2	ОПК-8
	<b>Практические занятия (семинары)</b>		
1	Анализ смеси катионов 1-3 аналитических групп	4	ОПК-8
2	Анализ смеси катионов 4-6 аналитических групп	4	ОПК-8
3	Анализ смеси анионов 1-3 аналитических групп	4	ОПК-8
4	Анализ смеси сухих солей	4	ОПК-8
5	Контрольная работа № 1	6	ОПК-8
	<b>Самостоятельная работа</b>		
1	Подготовка к работе, оформление отчета и защита прак. работы №1	10	ПК-1

ОПОП	СМК-РПД-В1.П2-2022
Рабочая программа дисциплины Б1.В.01.03 «Аналитическая химия» для направления подготовки 44.03.05 «Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)», профили подготовки «Химия» и «Экология»	

2	Подготовка к работе, оформление отчета и защита прак. работы №2	10	ПК-1
3	Подготовка к работе, оформление отчета и защита прак. работы №3	10	ПК-1
4	Подготовка к работе, оформление отчета и защита прак. работы №4	10	ПК-1
5	Подготовка к контрольной работе	10	ПК-1
6	Подготовка к зачету	25	ПК-1

### Модуль 3

№ темы	Тема	Кол-во часов	Компетенции по теме
	<b>Лекции</b>		
1	Гравиметрия. Механизм образования твердой фазы - теория кристаллизации. Соосаждение.	2	ОПК-8
2	Закономерности адсорбции на аморфных осадках. Методы устранения соосаждения.	2	ОПК-8
3	Использование соосаждения в аналитической химии	2	ОПК-8
4	Коллоидные растворы в аналитической химии. Условия образования аморфных осадков.	2	ОПК-8
5	Строение коллоидных частиц. Коагуляция. Пептизация. Условия образования кристаллических осадков	2	ОПК-8
6	Основы гравиметрического метода анализа.	2	ОПК-8
7	Требования к осаждаемой и гравиметрической формам.	2	ОПК-8
8	Применение метода возникающих реагентов	2	ОПК-8
9	Титриметрические методы анализа.	2	ОПК-8
10	Способы выражения концентрации в аналитической химии	2	ОПК-8
11	Способы и методы титрования	2	ОПК-8
12	Требования к реакциям, применяемым в титриметрии.	2	ОПК-8
13	Способ пипетирования, способ отдельных навесок	2	ОПК-8
14	Прямое титрование. Косвенное титрование: заместительное и обратное	2	ОПК-8
15	Кислотно-основной метод титрования. Индикаторы кислотно-основного титрования.	2	ОПК-8
16	Выбор индикаторов кислотно-основного титрования. Принцип действия индикаторов.	2	ОПК-8

ОПОП	СМК-РПД-В1.П2-2022
Рабочая программа дисциплины Б1.В.01.03 «Аналитическая химия» для направления подготовки 44.03.05 «Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)», профили подготовки «Химия» и «Экология»	

17	Другие виды титрования: аргентометрия, перманганатометрия и пр.	2	ОПК-8
18	Погрешности титрования. Расчет скачков титрования	2	ОПК-8
<b>Практические занятия (семинары)</b>			
1	Основы гравиметрии	4	ОПК-8
2	Расчеты при гравиметрическом анализе	4	ОПК-8
3	Основы титриметрии	4	ОПК-8
4	Аргентометрия. Определение хлорид-аниона по методу Мора	4	ОПК-8
5	Перманганатометрия. Определение содержания катиона железа (II) в соли Мора	4	ОПК-8
6	Контрольная работа № 2	2	ОПК-8
<b>Самостоятельная работа</b>			
1	Подготовка к работе, оформление отчета и защита прак. работы №5	8	ПК-1
2	Подготовка к работе, оформление отчета и защита прак. работы №6	8	ПК-1
3	Подготовка к работе, оформление отчета и защита прак. работы №7	8	ПК-1
4	Подготовка к работе, оформление отчета и защита прак. работы №8	9	ПК-1
5	Подготовка к работе, оформление отчета и защита прак. работы №9	9	ПК-1
6	Подготовка к контрольной работе	8	ПК-1

## 6. Самостоятельная работа

Самостоятельная работа включает две составные части: аудиторная самостоятельная работа и внеаудиторная.

Самостоятельная аудиторная работа включает выступление по вопросам семинарских занятий, выполнение практических заданий (*при наличии*).

Внеаудиторная самостоятельная работа студентов заключается в следующих формах:

- изучение литературы; осмысление изучаемой литературы;
- работа в информационно-справочных системах;
- аналитическая обработка текста (конспектирование, реферирование);
- составление плана и тезисов ответа в процессе подготовки к занятию;
- решение задач;
- подготовка сообщений по вопросам семинарских занятий.

### 6.1. Планы семинарских (практических, лабораторных) занятий

**Практическая работа №1** Анализ смеси катионов 1-3 аналитических групп

ОПОП	СМК-РПД-В1.П2-2022
Рабочая программа дисциплины Б1.В.01.03 «Аналитическая химия» для направления подготовки 44.03.05 «Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)», профили подготовки «Химия» и «Экология»	

*Цель работы.* Обнаружение катионов I, II и III аналитических групп, содержащихся в анализируемой задаче.

*Выполнение работы.* Студент в чистую колбу получает у лаборантов анализируемую задачу, которая может представлять собой либо прозрачный бесцветный раствор, либо раствор с осадком, содержащим малорастворимые соединения кальция, стронция и бария (карбонаты, гидроксиды и т.д.). Задача не может содержать нерастворимые в кислотах сульфаты катионов III аналитической группы.

Если задача содержит осадок, то его следует растворить, добавляя по каплям при перемешивании 2М раствор  $\text{CH}_3\text{COOH}$ .

Ход анализа раствора, содержащего катионы I, II и III аналитических групп, включает в себя элементы как дробного, так и систематического методов анализа. Начинают анализ с дробного обнаружения ионов аммония, калия и натрия из отдельных порций анализируемого раствора, так как их открытию не мешают другие ионы, содержащиеся в задаче.

1. Для обнаружения  $\text{NH}_4^+$ -ионов 2-3 капли задачи помещают в чистую пробирку и проводят реакцию со щелочью. Посинение универсальной индикаторной бумаги свидетельствует о присутствии ионов аммония в анализируемом растворе (выделение  $\text{NH}_3$ ); в противном случае определяемые ионы в смеси отсутствуют.

2. Если ионы аммония в задаче отсутствуют, то дробное обнаружение ионов  $\text{K}^+$  проводят по реакции с кобальтинитритом натрия, результатом которой является образование желтого осадка.

В случае присутствия в смеси  $\text{NH}_4^+$ -ионов, которые мешают определению ионов калия, реакцию следует проводить следующим образом. При этом для определения берут 5-6 капель задачи, 5-6 капель формалина (40 % раствор формальдегида) и 1 каплю фенолфталеина. Затем осторожно по каплям добавляют раствор  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  до появления устойчивой красной окраски индикатора, что указывает на сильно щелочную среду ( $\text{pH} > 10$ ), и полученную реакционную смесь около минуты нагревают на водяной бане. Затем раствор охлаждают под водопроводной водой, а осадок, образовавшийся после действия карбоната натрия и нагревания реакционной смеси на водяной бане, отделяют центрифугированием. Обнаружение ионов калия проводят в центрифугате, предварительно подкислив его 2 М раствором уксусной кислоты до  $\text{pH} = 5$ , и к 2-3 каплям полученного раствора добавляют 2-3 капли раствора кобальтинитрита натрия. Наблюдают образование желтого осадка. Если осадок не образуется, то протирают стенки пробирки стеклянной палочкой до помутнения раствора.

3. При обнаружении ионов натрия 1 каплю раствора цинкуранилацетата помещают на предметное стекло и под микроскопом проверяют его чистоту (в реактиве не должно содержаться никаких кристаллов). Затем добавляют 1 каплю задачи и через 1-2 минуты рассматривают реакционную смесь под микроскопом. Наличие октаэдрических и тетраэдрических кристаллов свидетельствует о присутствии ионов натрия.

Далее отделяют катионы II аналитической группы действием группового реагента ( $\text{HCl}$ ). Для этого в коническую пробирку помещают 20-25 капель задачи вместе с имеющимся осадком и добавляют 4-5 капель концентрированного раствора хлороводородной кислоты. Полученную реакционную смесь с осадком перемешивают и выдерживают 4-5 минут. Наблюдают образование белого осадка.

**ВНИМАНИЕ!!!** Если после добавления  $\text{HCl}$  в пробирке осадка нет, то это означает, что в анализируемом растворе катионы II аналитической группы отсутствуют, и следует

ОПОП	СМК-РПД-В1.П2-2022
Рабочая программа дисциплины Б1.В.01.03 «Аналитическая химия» для направления подготовки 44.03.05 «Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)», профили подготовки «Химия» и «Экология»	

сразу приступать к обнаружению катионов III аналитической группы в полученном растворе.

Полученный осадок отделяют на центрифуге (осадок № 1) и проверяют полноту осаждения, осторожно добавив по стенке пробирки одну каплю концентрированной HCl. Если полнота осаждения достигнута, то центрифугат сливают в чистую коническую пробирку (раствор № 1). В противном случае следует доосадить катионы II аналитической группы, добавив 1-2 капли кислоты.

Осадок № 1 промывают подкисленной дистиллированной водой, для чего добавляют к нему 5 капель 2 М раствора HCl и 25 капель воды, перемешивают и центрифугируют. Центрифугат добавляют к раствору № 1, а осадок исследуют на содержание катионов II аналитической группы.

4. Для обнаружения ионов  $Pb^{2+}$  к осадку № 1 добавляют 25-30 капель дистиллированной воды, перемешивают и нагревают на водяной бане 1-2 минуты. Горячий раствор быстро на центрифуге отделяют от осадка, сливают в чистую пробирку (раствор № 2) и открывают в нем ионы  $Pb^{2+}$  по реакции с иодидом калия. Для этого к горячему центрифугату добавляют 2-3 капли раствора KI и охлаждают реакционную смесь под водопроводной водой. При наличии ионов свинца наблюдают образование желтого осадка («золотой дождь»). Обнаружить ион  $Pb^{2+}$  можно также по реакции с хроматом калия.

Если ионы свинца обнаружены, то  $PbCl_2$  удаляют из осадка хлоридов катионов II аналитической группы промыванием горячей водой. Для этого к осадку № 1 добавляют 25-30 капель дистиллированной воды, перемешивают, нагревают на водяной бане 1-2 минуты и центрифугируют. Горячий раствор сливают в чистую пробирку и проверяют на присутствие ионов свинца, для чего добавляют к нему 2-3 капли раствора иодида калия и охлаждают (в присутствии ионов свинца образуется желтый осадок). Операцию повторяют до отрицательной реакции на катион  $Pb^{2+}$  (желтый осадок не образуется).

**ВНИМАНИЕ!!!** Если в анализируемой задаче ионы ртути (I) и серебра отсутствуют, то в осадке № 1 содержится только хлорид свинца и при промывании горячей водой осадок № 1 должен полностью раствориться.

Оставшийся осадок (осадок № 2) исследуют на содержание ионов ртути (I) и серебра.

5. Для обнаружения ионов  $Hg_2^{2+}$  к осадку № 2 добавляют 6-8 капель 6 М раствора  $NH_4OH$  и тщательно перемешивают. При наличии в осадке № 2  $Hg_2Cl_2$  наблюдают почернение осадка (осадок № 3), что подтверждает присутствие ионов  $Hg_2^{2+}$  в анализируемой задаче. В противном случае ион ртути (I) в задаче отсутствует.

**ВНИМАНИЕ!!!** Напоминаем, что в выполняемой студентами задаче присутствие ионов  $Hg_2^{2+}$  не предусмотрено, поэтому п.5 при анализе контрольной задачи № 1 следует пропустить.

Если в осадке № 2 присутствует хлорид серебра, то при действии на осадок раствора гидроксида аммония  $AgCl$  переходит в раствор в виде аммиачного комплекса. Раствор аммиаката серебра (раствор № 3) отделяют на центрифуге от осадка № 3, если он образовался, и в нем определяют серебро. При отсутствии  $Hg_2^{2+}$  осадок № 2 должен полностью раствориться.

6. Для обнаружения ионов  $Ag^+$  половину полученного раствора № 3 переносят в чистую коническую пробирку и добавляют 3-4 капли 6 М раствора азотной кислоты. При наличии ионов серебра наблюдают образование белого осадка хлорида серебра.

К оставшейся части раствора добавляют 3-4 капли раствора иодида калия. При наличии ионов серебра наблюдают образование желтого осадка иодида серебра. После

ОПОП	СМК-РПД-В1.П2-2022
Рабочая программа дисциплины Б1.В.01.03 «Аналитическая химия» для направления подготовки 44.03.05 «Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)», профили подготовки «Химия» и «Экология»	

определения катионов II аналитической группы приступают к анализу раствора №1, содержащего катионы III аналитической группы.

Для отделения катионов III аналитической группы в коническую пробирку помещают 20 капель раствора № 1, 10 капель 2 М раствора  $\text{NH}_4\text{OH}$  и 10 капель 2 М раствора  $\text{NH}_4\text{Cl}$  ( $\text{pH} = 9$ , контроль по универсальной индикаторной бумаге). Затем к полученному раствору прибавляют 10 капель раствора карбоната аммония, реакционную смесь хорошо перемешивают и нагревают на водяной бане 1-2 минуты. Образовавшийся осадок карбонатов бария, стронция и кальция центрифугируют (осадок № 4) и, не отделяя его от раствора, проверяют полноту осаждения. Для этого осторожно по стенке пробирки прибавляют 1 каплю раствора  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  и, если в прозрачном центрифугате не наблюдается образования осадка (помутнение), то полнота осаждения достигнута. В противном случае в пробирку следует добавить 5 капель раствора карбоната аммония, перемешать содержимое пробирки, нагреть на водяной бане и снова проверить полноту осаждения.

Далее приступают к определению катионов третьей аналитической группы. При этом сначала осадок карбонатов бария, стронция и кальция (осадок № 4) промывают дистиллированной водой, для чего добавляют к нему 20-25 капель воды, перемешивают и центрифугируют. Затем центрифугат выливают в отходы, а к осадку осторожно по каплям при перемешивании добавляют 2 М раствор уксусной кислоты до полного растворения. При необходимости реакционную смесь нагревают на водяной бане. Полученный раствор (раствор № 4) используют для открытия ионов бария, стронция и кальция.

7. Для обнаружения ионов  $\text{Ba}^{2+}$  3 капли раствора № 4 помещают в пробирку и прибавляют по 3 капли растворов ацетата натрия и дихромата калия. Образование желтого осадка указывает на присутствие ионов бария.

Обнаружить ионы бария в растворе № 4 можно также по реакции с перманганатом калия в кислой среде. Образование розового осадка свидетельствует о наличии бария в анализируемом растворе.

Если ионы  $\text{Ba}^{2+}$  обнаружены, то их следует удалить из раствора, так как они мешают обнаружению ионов стронция. Для этого ко всему раствору № 4 прибавляют несколько капель раствора ацетата натрия до  $\text{pH} = 5$  (контроль по универсальной индикаторной бумаге), после чего добавляют по каплям раствор  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  до образования желтого осадка и появления оранжевой окраски раствора над ним, свидетельствующей об избытке дихромат-иона. Осадок  $\text{BaCrO}_4$  центрифугируют и проверяют полноту осаждения бария, добавив к центрифугату 1 каплю раствора дихромата калия. Если полнота осаждения достигнута, то центрифугат сливают в чистую коническую пробирку (раствор № 5), а осадок отбрасывают в отходы.

Для удаления избытка дихромата калия, окраска которого может мешать дальнейшим определениям, к центрифугату (раствор № 5) добавляют твердый карбонат натрия до щелочной реакции (раствор становится светло-желтым). Содержимое пробирки нагревают на водяной бане, после чего выпавший осадок, который может содержать карбонаты стронция и кальция (осадок № 5), отделяют центрифугированием, промывают несколько раз дистиллированной водой и растворяют в нескольких каплях 2 М раствора уксусной кислоты. Полученный раствор (раствор № 6) исследуют на присутствие ионов стронция.

8. Для обнаружения ионов  $\text{Sr}^{2+}$  5 капель раствора № 6 помещают в пробирку и прибавляют 5 капель насыщенного раствора  $\text{CaSO}_4$  (гипсовая вода) и нагревают на водяной бане несколько минут. Помутнение раствора указывает на присутствие ионов стронция.

ОПОП	СМК-РПД-В1.П2-2022
Рабочая программа дисциплины Б1.В.01.03 «Аналитическая химия» для направления подготовки 44.03.05 «Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)», профили подготовки «Химия» и «Экология»	

Если ионы стронция присутствуют, их осаждают из всего раствора № 6 добавлением избытка (8—10 капель) раствора сульфата аммония при нагревании. Осадок SrSO<sub>4</sub> отделяют центрифугированием и отбрасывают, а в центрифугате (раствор № 7) обнаруживают ион кальция, который находится там в виде хорошо растворимого комплекса (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>[Ca(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>].

9. Кальций в растворе № 7 обнаруживают по реакции с оксалатом аммония или с помощью микрокристаллоскопической реакции. Для обнаружения ионов Ca<sup>2+</sup> к 2-3 каплям раствора № 7 добавляют 2-3 капли раствора оксалата аммония. Образование белого осадка указывает на присутствие ионов кальция.

Доказать присутствие ионов кальция в растворе № 7 можно также с помощью микрокристаллоскопической реакции, наличие характерных кристаллов гипса игольчатой формы подтверждает содержание ионов кальция в анализируемой задаче.

Если осадок в результате реакции не образуется или форма кристаллов не соответствует требуемой, то это означает, что ионы кальция в растворе № 7, а значит и в задаче, отсутствуют.

## Практическая работа №2 Анализ смеси катионов 4-6 аналитических групп

**Цель работы:** освоить методику систематического анализа смеси катионов IV, V, VI аналитических групп.

**Задачи:** провести осмотр пробы для сбора первичной информации о составе образца, выполнить предварительные испытания на ионы, обнаружению которых не мешают присутствующие в пробе катионы, провести последовательное разделение и открытие катионов IV, V, VI аналитических групп, присутствующих в выданном образце.

Анализ смеси начинают с предварительных наблюдений и испытаний. Прежде всего, обращают внимание на цвет раствора и определяют pH. По цвету раствора можно сделать вывод о наличии или отсутствии катионов Cr<sup>3+</sup>, Fe<sup>3+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, Ni<sup>2+</sup>, Co<sup>2+</sup>.

Низкое значение pH раствора может быть обусловлено присутствием сильно гидролизующихся солей висмута, ртути, железа. Если величина pH заметно не изменяется после осторожной нейтрализации, то можно предположить, что могут присутствовать какие-либо из этих катионов. Если анализируемый раствор имеет щелочную реакцию, то могут присутствовать [Cu(NH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>]<sup>2+</sup>, [Co(NH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>]<sup>2+</sup>. Сурьма и олово в этом случае могут находиться в виде анионов соответствующих кислот.

### 1. Предварительные испытания

В отдельных порциях раствора обнаруживают ионы Fe<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>.

### 2. Отделение катионов IV группы от катионов V и VI групп

15–20 капель исследуемого раствора помещают в пробирку, добавляют несколько капель H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> для окисления ионов марганца (II) и ионов сурьмы (III), затем избыточное количество 2н. раствора гидроксида натрия (до щелочной реакции), нагревают в течение 3–5 минут и тщательно перемешивают стеклянной палочкой. Избыток пероксида водорода удаляют кипячением. Полученную смесь центрифугируют, получают осадок 1 и раствор 1.

Осадок 1	Раствор 1
Fe(OH) <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> MnO <sub>3</sub> , Co(OH) <sub>3</sub> , Cd(OH) <sub>2</sub> , Ni(OH) <sub>2</sub> , Cu(OH) <sub>2</sub> , HgO, Bi(OH) <sub>3</sub> , SbO(OH) <sub>3</sub> , Mg(OH) <sub>2</sub> .	AlO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , ZnO <sub>2</sub> <sup>2-</sup> , SnO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> , CrO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> – ионы

### 3. Отделение ионов Al<sup>+3</sup> и Sn (IV) в виде гидроксидов

ОПОП	СМК-РПД-В1.П2-2022
Рабочая программа дисциплины Б1.В.01.03 «Аналитическая химия» для направления подготовки 44.03.05 «Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)», профили подготовки «Химия» и «Экология»	

К **раствору 1** добавляют небольшими порциями кристаллический  $\text{NH}_4\text{Cl}$  и упаривают раствор до небольшого объема. Центрифугируют полученную смесь и получают осадок 2 и раствор 2.

<b>Осадок 2</b>	<b>Раствор 2</b>
$\text{Al}(\text{OH})_3, \text{Sn}(\text{OH})_4$	$[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}, \text{CrO}_4^{2-}$

4. Обнаружение ионов алюминия и олова (IV)

**Осадок 2** обрабатывают 2н. раствором  $\text{HCl}$ . Полученный раствор, содержащий ионы  $\text{Al}^{3+}$  и  $[\text{SnCl}_6]^{2-}$  делят на две части и в одной из них обнаруживают ионы алюминия, в другой – олова.

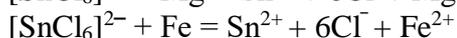
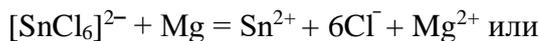
5. Обнаружение ионов алюминия

К 5–7 каплям испытуемого раствора добавляют 3–5 капель 2н.  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , и 5–7 капель алюминона. Смесь осторожно нагревают, перемешивают и добавляют раствор аммиака до щелочной реакции, а затем 4 капли 2н. раствора карбоната аммония. Выпадает красный осадок или появляется красная окраска.

Алюминий можно обнаружить с помощью 8-оксихинолина (условия проведения реакции см. качественные реакции).

6. Обнаружение олова (IV)

Металлический магний и металлическое железо восстанавливают олово (IV) до Sn (II):



Реакции протекают в кислой среде. Образовавшиеся в результате восстановления ионы  $\text{Sn}^{2+}$ , можно обнаружить по реакции восстановления  $\text{Bi}^{3+}$ .

7. Обнаружение ионов  $\text{Zn}^{2+}$

**Раствор 2** нагревают с концентрированным раствором  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  до полного удаления аммиака. Полученную смесь центрифугируют, получают осадок 3 и раствор 3.

<b>Осадок 3</b>	<b>Раствор 3</b>
$\text{Zn}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$	$\text{CrO}_4^{2-}$

**Осадок 3** обрабатывают 2н. раствором  $\text{HCl}$ , в полученном растворе открывают цинк реакцией с дитизоном или какой либо другой качественной реакцией (условия проведения реакций см. качественные реакции на ионы цинка).

8. Обнаружение иона  $\text{CrO}_4^{2-}$

Желтая окраска **раствора 3** указывает на присутствие  $\text{CrO}_4^{2-}$ . Подтвердить это можно реакцией образования надхромовой кислоты: Добавляют к исследуемому раствору бн. раствора серной кислоты до кислой реакции, затем несколько капель 3%-ного раствора пероксида водорода и эфира. Смесь осторожно встряхивают, образующаяся надхромовая кислота переходит в слой эфира, появление синей окраски эфира подтверждает присутствие хрома.

9. Обнаружение и отделение ионов сурьмы (V)

**Осадок 1** обрабатывают при слабом нагревании небольшим количеством 2н. раствора азотной кислоты в присутствии 3%-ного раствора пероксида водорода. Смесь центрифугируют, получают осадок 4 и раствор 4.

<b>Осадок 4</b>	<b>Раствор 4</b>
$\text{H}_2\text{SbO}_3$	$\text{Fe}^{3+}, \text{Mn}^{2+}, \text{Mg}^{2+}, \text{Cu}^{2+}, \text{Cd}^{2+}, \text{Ni}^{2+}, \text{Co}^{2+}, \text{Hg}^{2+}, \text{Bi}^{3+}$

**Осадок 4** обрабатывают сероводородной водой, вследствие образования  $\text{Sb}_2\text{S}_5$ , осадок окрашивается в оранжево-красный цвет.

ОПОП	СМК-РПД-В1.П2-2022
Рабочая программа дисциплины Б1.В.01.03 «Аналитическая химия» для направления подготовки 44.03.05 «Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)», профили подготовки «Химия» и «Экология»	

10. Отделение катионов V группы от катионов IV группы

К **раствору 4** добавляют при нагревании концентрированный раствор  $\text{NH}_4\text{OH}$ , смесь центрифугируют, получают осадок 5 и раствор 5.

<b>Осадок 5</b>	<b>Раствор 5</b>
$\text{Mg}(\text{OH})_2$ , $\text{Bi}(\text{OH})_3$ , $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , $\text{Mn}(\text{OH})_2$ , $\text{Fe}(\text{OH})_2$	Аммиакаты $\text{Ni}^{2+}$ , $\text{Co}^{2+}$ , $\text{Hg}^{2+}$ , $\text{Cu}^{2+}$ , $\text{Cd}^{2+}$

**11. Отделение и обнаружение ионов  $\text{Mg}^{2+}$**

К **осадку 5** добавляют 2н. раствор  $\text{NH}_4\text{Cl}$  (для растворения гидроксида магния) и 3%-ный раствор  $\text{H}_2\text{O}_2$  (для окисления ионов марганца), Полученную смесь центрифугируют, отделяют **раствор 6** от **осадка 6**.

<b>Осадок 6</b>	<b>Раствор 6</b>
$\text{Bi}(\text{OH})_3$ , $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , $\text{MnO}(\text{OH})_2$	$\text{Mg}^{2+}$

В **растворе 6** обнаруживают ионы магния гидрофосфатом натрия в присутствии аммиака и хлорида аммония.

12. Отделение и обнаружение ионов Mn (VII)

**Осадок 6** обрабатывают 2н. раствором  $\text{HNO}_3$ . Смесь центрифугируют, получают осадок 7 и раствор 7.

<b>Осадок 7</b>	<b>Раствор 7</b>
$\text{Mn}(\text{OH})_4$	$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ , $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$

**Осадок 7** промывают дистиллированной водой и обрабатывают при нагревании 3н. раствором  $\text{HNO}_3$  и концентрированным раствором  $\text{H}_2\text{O}_2$ . К полученному раствору добавляют 1–2 крупинки висмутата натрия. В присутствии Mn(VII) раствор приобретает фиолетово-розовую окраску вследствие образования  $\text{MnO}_4^-$ .

**13. Обнаружение  $\text{Bi}^{3+}$**

К **раствору 7** добавляют 2н. раствора  $\text{NH}_4\text{OH}$  до появления осадка  $\text{BiOCl}$ , затем добавляют несколько капель 2н. раствора  $\text{HCl}$  и кипятят. Затем смесь центрифугируют, получают осадок 8 и раствор 8.

<b>Осадок 8</b>	<b>Раствор 8</b>
$\text{BiOCl}$	(не исследуется)

**Осадок 8** обрабатывают раствором станнита натрия. Осадок чернеет вследствие образования металлического висмута.

**14. Разрушение аммиакатов катионов VI группы и отделение ионов  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$**

К **раствору 5** добавляют до кислой реакции 2н. раствор  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , затем при нагревании добавляют концентрированный раствор  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ . Полученную смесь центрифугируют.

<b>Осадок 9</b>	<b>Раствор 9</b>
$\text{Cu}_2\text{S}$ , $\text{HgS}$ , S	$\text{NiSO}_4$ , $\text{CdSO}_4$ , $\text{CoSO}_4$

**15. Отделение и обнаружение ионов  $\text{Cu}^{2+}$**

**Осадок 9** обрабатывают при нагревании 2н. раствором  $\text{HNO}_3$ , смесь центрифугируют, получают **осадок 10** и **раствор 10**.

<b>Осадок 10</b>	<b>Раствор 10</b>
$\text{HgS}$ (не исследуется)	$\text{Cu}^{2+}$

В растворе 10 открывают ионы  $\text{Cu}^{2+}$  реакцией с раствором аммиака по синему окрашиванию раствора вследствие образования  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ .

**16. Обнаружение ионов  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$**

**Раствор 9** делят на три части. В одной из них открывают кобальт реакцией с  $\text{NH}_4\text{SCN}$  или  $\text{KSCN}$ . Во второй аликвоте открывают никель реакцией с

ОПОП	СМК-РПД-В1.П2-2022
Рабочая программа дисциплины Б1.В.01.03 «Аналитическая химия» для направления подготовки 44.03.05 «Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)», профили подготовки «Химия» и «Экология»	

диметилглиоксимом, а в третьей – при  $\text{pH} = 0,5$  осаждают желтый осадок  $\text{CdS}$  сероводородом.

### Практическая работа №3 Анализ смеси анионов 1-3 аналитических групп

**Предварительные испытания.** **1.Определение  $\text{pH}$  среды.** Если  $\text{pH} < 2$ , то в анализируемом растворе отсутствуют анионы слабых неустойчивых кислот, разлагающихся в кислой среде:  $\text{SO}_3^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{NO}_2^-$ . В кислой среде ( $\text{pH} \leq 5$ ) также не могут существовать анионы-восстановители и анионы-окислители:  $\text{I}^-$  и  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_2^-$  и  $\text{SO}_3^{2-}$ .

В щелочной среде могут присутствовать все рассматриваемые анионы.

Если  $\text{pH} > 2$ , то для определения неустойчивых кислот отбирают пробу раствора, вносят разбавленную серную кислоту, нагревают смесь. Если наблюдается выделение пузырьков газа ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ), то в исследуемом растворе присутствуют анионы  $\text{SO}_3^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{NO}_2^-$ . Желто-бурый цвет газов указывает на наличие в растворе аниона нитрита  $\text{NO}_2^-$ .

**2.Проба на присутствие анионов первой группы.** К отдельной пробе раствора добавляют  $\text{BaCl}_2$  при  $\text{pH} = 7-9$ . Если выпадает белый осадок, то присутствуют анионы данной группы. Осадок обрабатывают разбавленной  $\text{HCl}$ . При этом все соли бария анионов первой группы растворяются за исключением  $\text{BaSO}_4$ . Если осадок полностью растворился, то в пробе отсутствует анион  $\text{SO}_4^{2-}$ .

**3.Проба на присутствие анионов второй группы.** К отдельной пробе раствора добавляют раствор нитрата серебра  $\text{AgNO}_3$ . Если выпадает осадок солей серебра от белого до желтоватого цвета, то присутствуют анионы второй группы.

**4.Проба на присутствие анионов-окислителей ( $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ).** К отдельной пробе раствора добавляют смесь  $\text{KI} + \text{H}_2\text{SO}_4$  ( $\text{pH} = 1$ ). Окислители переводят  $\text{I}^-$  в молекулярный йод  $\text{I}_2$ . Выпадает черно-фиолетовый осадок йода.

**5.Проба на присутствие анионов-восстановителей ( $\text{SO}_3^{2-}$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}^-$ ).** К отдельной пробе раствора добавляют смесь растворов  $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$ . Если раствор обесцвечивается ( $\text{MnO}_4^- \rightarrow \text{Mn}^{2+}$ ), то присутствуют анионы-восстановители.

**Дробное обнаружение анионов.** Все ниже перечисленные операции проводят с отдельными пробами анализируемого раствора.

**1.Открытие аниона  $\text{SO}_4^{2-}$ .** Сульфат-анион обнаруживают по реакции с  $\text{BaCl}_2$  в кислой среде. Образуется осадок сульфата бария.

**2.Открытие аниона  $\text{CO}_3^{2-}$ .** Если в анализируемом растворе отсутствует  $\text{SO}_3^{2-}$ , карбонат-анион открывают по выделению углекислого газа при действии сильной кислоты.

Если в растворе присутствуют одновременно  $\text{SO}_3^{2-}$  и  $\text{CO}_3^{2-}$ , то к пробе раствора добавляют пероксид водорода и нагревают его. При этом сульфит-анион окисляется ( $\text{SO}_3^{2-} \rightarrow \text{SO}_4^{2-}$ ). Затем добавляют сильную кислоту. Если выделяется углекислый газ, то в растворе присутствует анион  $\text{CO}_3^{2-}$ .

**3.Открытие аниона  $\text{SO}_3^{2-}$ .** Сульфит-анион открывают по обесцвечиванию раствора  $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$ .

**4.Открытие аниона  $\text{PO}_4^{3-}$ .** Фосфат-анион обнаруживают по выделению желтого осадка при действии смеси  $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4 + \text{HNO}_3$ .

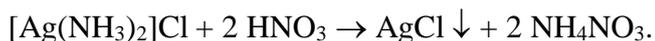
**5.Открытие аниона хлорида  $\text{Cl}^-$ .** К азотнокислой пробе анализируемого раствора прибавляют раствор  $\text{AgNO}_3$  до полного выпадения осадка солей серебра различных

ОПОП	СМК-РПД-В1.П2-2022
Рабочая программа дисциплины Б1.В.01.03 «Аналитическая химия» для направления подготовки 44.03.05 «Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)», профили подготовки «Химия» и «Экология»	

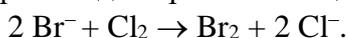
анионов, имеющих в растворе, в том числе и хлорида серебра. Осадок смеси отделяют и обрабатывают насыщенным водным раствором карбоната аммония  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ . Хлорид серебра растворяется:



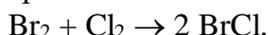
Серебряные соли остальных анионов остаются в осадке. Раствор отделяют от осадка и доказывают наличие в нем хлорид-аниона реакцией с  $\text{HNO}_3$  – выпадает белый осадок  $\text{AgCl}$ :



**6.Открытие бромид - ( $\text{Br}^-$ ) и иодид- ( $\text{I}^-$ ) анионов.** К пробе анализируемого раствора прибавляют хлорную воду, разбавленную серную кислоту и хлороформ (экстрагент для брома или йода). Бромид-анион окисляется до свободного брома  $\text{Br}_2$ :

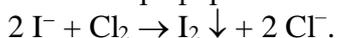


Выделившийся бром переходит в органическую фазу и окрашивает ее в желто-бурый цвет. При избытке хлорной воды бром реагирует с хлором с образованием желтого раствора  $\text{BrCl}$ :



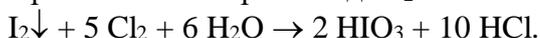
Желто-бурая окраска органической фазы меняется на светло-желтую окраску.

Для открытия анионов йодида раствор обрабатывают хлорной водой, серной кислотой и хлороформом. Анионы  $\text{I}^-$  окисляются до свободного йода:



Йод переходит в органическую фазу и окрашивает ее в фиолетовый цвет. При отсутствии хлороформа йод выпадает в осадок в виде черно-фиолетовых кристаллов.

При избытке хлорной воды  $\text{I}_2$  окисляется до бесцветных анионов йодата  $\text{IO}_3^-$ :



Фиолетовая окраска органической фазы исчезает. При совместном присутствии  $\text{Br}^-$  и  $\text{I}^-$  в избытке хлорной воды органическая фаза становится светло-желтой вследствие образования  $\text{BrCl}$ .

**7.Открытие аниона  $\text{NO}_2^-$ .** Нитрит-анион открывают в отдельных пробах анализируемого раствора при действии сильных кислот – выделяется бурый газ  $\text{NO}_2$ ; или при действии смеси  $\text{KI} + \text{H}_2\text{SO}_4$  – образуется осадок йода  $\text{I}_2$ .

**8.Открытие аниона  $\text{NO}_3^-$ .** Нитрат-анион открывают с помощью раствора дифениламина – образуется раствор ярко синего цвета.

**9.Открытие аниона  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ .** Ацетат-анион открывают в отдельной пробе раствора действием хлорида железа (III). Образуется раствор красно-бурого цвета  $\text{Fe}(\text{CH}_3\text{COO})_3$ .

**Систематический анализ смеси анионов.** Для отделения анионов первой аналитической группы используют раствор  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  (или  $\text{BaCl}_2$ ); для осаждения анионов второй группы – раствор  $\text{AgNO}_3 + \text{HNO}_3$ . Анионы третьей группы не имеют группового реагента.

Сначала переводят в осадок анионы первой аналитической группы, осадок отделяют от раствора. Исследуют растворимость осадка в соляной кислоте. Если осадок не растворяется, то присутствует анион  $\text{SO}_4^{2-}$ .  $\text{BaSO}_4$  отделяют центрифугированием, в центрифугате определяют анионы:  $\text{SO}_3^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ .

Центрифугат после отделения солей бария анионов первой группы обрабатывают  $\text{AgNO}_3$ . В осадок выпадают анионы второй группы в виде солей серебра. Осадок отделяют от раствора. В растворе (центрифугате) – анионы третьей группы.

ОПОП	СМК-РПД-В1.П2-2022
Рабочая программа дисциплины Б1.В.01.03 «Аналитическая химия» для направления подготовки 44.03.05 «Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)», профили подготовки «Химия» и «Экология»	

Анионы второй и третьей групп определяют дробным методом в отдельных порциях исследуемого раствора.

#### Практическая работа № 4 Анализ смеси сухих солей

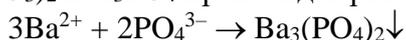
**Цель работы:** провести анализ предложенной смеси сухих солей на содержание в ней катионов и анионов:

– *Проба А* – смесь сухих солей, образованных катионами I и/или II аналитических групп и анионами различных групп;

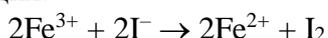
– *Проба Б* – смесь сухих солей, образованных катионами III аналитической группы и анионами различных групп.

**Сущность работы.** В качестве контрольной задачи предлагается смесь сухих солей, в состав которой входят изученные ранее катионы и анионы. Поскольку анализ проводится «мокрым путем», то анализируемую смесь прежде всего необходимо *растворить*.

При растворении смесей солей в воде могут протекать химические реакции между различными компонентами смеси. *Например*, при растворении смеси сухих солей  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  и  $\text{K}_3\text{PO}_4$  произойдет реакция осаждения:



а при растворении смеси сухих солей  $\text{FeCl}_3$  и  $\text{NaI}$  – окислительно-восстановительная реакция:



Протекание этих реакций усложняет ход анализа, поэтому для выполнения лабораторной работы предлагается специально подобранная смесь сухих солей, *полностью растворимая в воде*.

После перевода пробы в раствор проводят его анализ на наличие *катионов* и *анионов*. Катионы открывают, используя *систематический* ход анализа, а анионы – *дробный*. Анализ целесообразно начинать с обнаружения катионов, так как наличие некоторых из них свидетельствует об отсутствии ряда анионов. Следует учесть, что число открытых катионов и анионов может совпадать либо не совпадать. *Например*, в смеси солей  $\text{KCl}$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$  и  $\text{MgCl}_2$  присутствуют 4 катиона и 1 анион.

**Выполнение работы.** Получают пробу для проведения анализа, записывают ее номер в лабораторный журнал. Описывают внешний вид пробы (окраска кристаллов, расплывание на воздухе).

Растворяют пробу в дистиллированной воде, добавляя ее небольшими порциями и перемешивая раствор стеклянной палочкой. Большой объем воды использовать не следует, поскольку раствор будет сильно разбавленным, что усложнит анализ.

Описывают внешний вид полученного раствора (окраска, прозрачность) и определяют значение рН с помощью универсальной индикаторной бумаги. Далее используют *отдельные порции* раствора для проведения предварительных испытаний, обнаружения катионов и анионов.

**Проба А. Смесь солей, образованных катионами I и/или II аналитических групп и анионами различных групп.** Анализ проводят в следующем порядке:

1) предварительные испытания и систематический ход анализа катионов по методике, описанной в работе № 1;

2) вывод по результатам анализа катионов – каких анионов в смеси не может быть, учитывая, что смесь растворилась в воде без остатка;

ОПОП	СМК-РПД-В1.П2-2022
Рабочая программа дисциплины Б1.В.01.03 «Аналитическая химия» для направления подготовки 44.03.05 «Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)», профили подготовки «Химия» и «Экология»	

3) предварительные испытания и дробный ход анализа анионов по методике, описанной в работе № 3. Если сделан вывод об отсутствии ряда анионов, то не следует проводить реакции с целью их обнаружения;

4) окончательный результат анализа.

**Проба Б. Смесь солей, образованных катионами III аналитической группы и анионами различных групп.** Анализ проводят в следующем порядке:

1) предварительные испытания и систематический ход анализа катионов по методике, описанной в работе № 2;

2) вывод по результатам анализа катионов – каких анионов в смеси не может быть, учитывая, что смесь растворилась в воде без остатка;

3) предварительные испытания и дробный ход анализа анионов по методике, описанной в работе № 3, из которой должны быть исключены все операции с явно отсутствующими анионами;

4) окончательный результат анализа.

#### **Практическая работа №5 Основы гравиметрии**

- 1) Техника взвешивания на аналитических весах.
- 2) Взятие навески хлорида бария и хлорида натрия.
- 3) Осаждение ионов бария серной кислотой.
- 4) Фильтрование и промывание осадка.
- 5) Сжигание фильтра и прокаливание осадка.
- 6) Обработка результатов анализа

#### **Практическая работа № 6 Расчеты при гравиметрическом анализе**

- 1) Расчет величины навески для гравиметрического анализа.
- 2) Расчет количества осадителя.
- 3) Расчет объема промывной жидкости.
- 4) Обработка результатов гравиметрического анализа.
- 5) Вычисление процентного содержания определяемого компонента.
- 6) Вывод формулы анализируемого соединения

#### **Практическая работа № 7 Основы титриметрии**

- 1) Титрование сильной кислоты (основания) сильным основанием (кислотой).
- 2) Титрование многоосновных кислот и многокислотных оснований.
- 3) Сборка установки для титрования щелочами.
- 4) Приготовление растворов щелочи и щавелевой кислоты.
- 5) Стандартизация раствора щелочи по щавелевой кислоте

#### **Практическая работа № 8 Аргентометрия. Определение хлорид-аниона по методу Мора**

**Цель работы:** закрепление теоретических основ процессов, происходящих в равновесных гетерогенных системах, методов количественного анализа (титриметрия), практических умений расчета концентрации раствора.

**Оборудование и реактивы:** штативы, бюретки на 25 мл, пипетки на 10 мл, конические колбы, воронки, стаканчики, резиновые груши, стандартизованный раствор  $\text{AgNO}_3$  (0,02 н), насыщенный раствор хромата калия  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ , анализируемая минеральная вода.

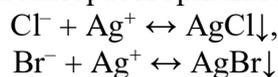
#### **Теоретическая часть**

ОПОП	СМК-РПД-В1.П2-2022
Рабочая программа дисциплины Б1.В.01.03 «Аналитическая химия» для направления подготовки 44.03.05 «Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)», профили подготовки «Химия» и «Экология»	

Метод объединяет титриметрические определения, основанные на реакциях образования осадков малорастворимых соединений. В этих целях пригодны только некоторые реакции, удовлетворяющие определенным условиям. Реакция должна протекать строго по уравнению и без побочных процессов. Образующийся осадок должен быть практически нерастворимым и выпадать достаточно быстро, без образования пересыщенных растворов. К тому же необходимо иметь возможность определять конечную точку титрования с помощью индикатора. Наконец, явления адсорбции (соосаждения) должны быть выражены при титровании настолько слабо, чтобы результат определения не искажался.

Наименования отдельных методов осаждения происходят от названий применяемых титрантов. Метод, использующий раствор нитрата серебра, называют аргентометрией. Этим методом определяют содержание ионов  $\text{Cl}^-$  и  $\text{Br}^-$  в нейтральных или слабощелочных средах.

Метод аргентометрического титрования основан на реакции осаждения ионов  $\text{Cl}^-$  и  $\text{Br}^-$  катионами серебра с образованием малорастворимых галогенидов:



При этом используют раствор нитрата серебра. Если же анализируют вещество на содержание серебра, то пользуются раствором хлорида натрия (или калия).

Наиболее распространено аргентометрическое определение хлора по методу Мора. Сущность его состоит в прямом титровании жидкости раствором нитрата серебра с индикатором хроматом калия до побурения белого осадка.

Индикатор метода Мора – раствор  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  дает с нитратом серебра красный осадок хромата серебра  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ , но растворимость осадка ( $0,65 \cdot 10^{-4}$  моль/л) гораздо больше растворимости хлорида серебра ( $1,25 \cdot 10^{-5}$  моль/л). Поэтому при титровании раствором нитрата серебра в присутствии хромата калия красный осадок хромата серебра появляется лишь после добавления избытка ионов  $\text{Ag}^+$ , когда все хлорид-ионы уже осаждены. При этом всегда к анализируемой жидкости приливают раствор нитрата серебра, а не наоборот.

Растворы, содержащие  $\text{Ag}^+$ , не выливают в раковину, а собирают в специальную склянку, так как серебро из них регенерируют.

#### Ход работы

Для определения содержания  $\text{Cl}^-$ -аниона по Мору в анализируемой пробе:

1. Отбирают пипеткой 10 мл исследуемого образца в коническую колбу.
2. Ополаскивают бюретку раствором нитрата серебра  $\text{AgNO}_3$ , заполняют ее носик раствором, избавляясь от воздуха, доводят до нулевого деления содержимое бюретки.
3. В коническую колбу с образцом добавляют 2–3 капли индикатора (раствор хромата калия  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ).
4. Титруют образец анализируемой пробы, прикапывая раствор нитрата серебра быстрыми каплями при перемешивании, добиваются, чтобы переход окраски из желтой в оранжевую произошел от одной избыточной капли раствора нитрата серебра.

5. Повторяют титрование 2–3 раза, из сходящихся отсчетов объема (до десятой доли) раствора  $\text{AgNO}_3$  берут среднее арифметическое и вычисляют нормальную концентрацию  $C_N$  аниона  $\text{Cl}^-$  по формуле закона эквивалентов:

$$C_N(\text{Cl}^-) \cdot V(\text{Cl}^-) = C_N(\text{AgNO}_3) \cdot V(\text{AgNO}_3), \text{ (моль/л)}$$

6. Вычисление результатов:

а) Содержание аниона ( $\text{Cl}^-$ ) по массе (мг/л) рассчитывают по формуле:

$$X(\text{Cl}^-) = C_N(\text{Cl}^-) \cdot M(\text{Cl}^-) \cdot 1000 \text{ M}(\text{Cl}^-) = 35,5 \text{ г/моль}$$

ОПОП	СМК-РПД-В1.П2-2022
Рабочая программа дисциплины Б1.В.01.03 «Аналитическая химия» для направления подготовки 44.03.05 «Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)», профили подготовки «Химия» и «Экология»	

б) Расчет по титру производят следующим образом:

$$T(\text{AgNO}_3/\text{Cl}^-) = 0,0007095 \text{ (г/мл)},$$

тогда:

$$X(\text{Cl}^-) = T(\text{AgNO}_3/\text{Cl}^-) \cdot V(\text{AgNO}_3) \cdot 1000 \cdot 1000/10 = T(\text{AgNO}_3/\text{Cl}^-) \cdot V(\text{AgNO}_3) \cdot 105, \\ \text{(мг/л)}.$$

### Вопросы и задания

1. В чем сущность аргентометрии?
2. На чем основано применение хромата калия  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  в качестве индикатора при титровании хлоридов по методу Мора?
3. Как производят расчет массовой доли вещества в растворе, нормальной концентрации и титра?
4. Рассчитайте содержание хлорид-аниона в природной воде, если на титрование её пробы объемом 10 мл пошло 6 мл 0,02 н раствора  $\text{AgNO}_3$ .
5. Почему осадок хромата серебра (красного цвета) образуется только после того, как все хлорид-ионы уже осаждены?
6. Рассчитайте титр 0,02043 н раствора  $\text{AgNO}_3$  по бромид-аниону ( $T_{\text{AgNO}_3/\text{Br}^-}$ ).

### Практическая работа № 9 Перманганатометрия. Определение содержания катиона железа (II) в соли Мора

**Цель работы:** определение железа (II) в растворе соли Мора перманганатометрическим методом.

**Оборудование и реактивы:** штатив с лапкой, бюретка объемом на 25 мл, воронка, колба коническая на 250 мл, раствор перманганата калия 0,05 н, раствор 2 н  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , пипетка Мора на 10 мл, емкость для слива, стаканчики на 50 мл.

#### Теоретическая часть

Определение содержания железа (II) в растворе соли Мора является одним из важнейших применений перманганатометрии. При титровании соли Мора, имеющей состав  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{FeSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  или  $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , в кислой среде стандартизованным (титрованным) раствором перманганата калия происходит реакция:

$$2\text{KMnO}_4 + 10(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{FeSO}_4 + 8\text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{MnSO}_4 + 5\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 10(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + 8\text{H}_2\text{O}$$

В данном случае эквивалентная масса соли Мора равна ее молярной массе. Поэтому эквивалентная масса железа равна 55,85 г/моль.

Эквивалентная масса соли представляет собой частное от деления молярной массы (M) соли на произведения числа атомов металла (n) и его валентности (v), например:

$$Э[\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3] = M \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 / n \cdot v = 400 / (2 \cdot 3) = 66,7 \text{ г/моль}.$$

Эквивалентная масса оксида есть частное от деления молярной массы данного оксида на произведения числа атомов элемента и его валентности, например:

$$Э(\text{CO}_2) = 44 / (1 \cdot 4) = 11 \text{ г/моль}.$$

Эквивалентная масса соединений – величина непостоянная, зависящая от уравнений конкретной реакции. В реакциях окисления – восстановления, в реакциях с образованием кислых и основных солей и некоторых других расчет эквивалентной массы производится иначе.

Концентрацию растворов часто определяют титрованием. Процесс постоянного прибавления из бюретки раствора с известной концентрацией вещества, так называемого титрованного (стандартизованного) раствора, к точно измеренному объему анализируемого раствора (или анализируемого к титрованному) до достижения

ОПОП	СМК-РПД-В1.П2-2022
Рабочая программа дисциплины Б1.В.01.03 «Аналитическая химия» для направления подготовки 44.03.05 «Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)», профили подготовки «Химия» и «Экология»	

эквивалентного количества, которое определяется с помощью соответствующего индикатора, называется титрованием. Понятие титрованный (стандартизованный) раствор означает, что концентрация этого раствора (титр или нормальность) была предварительно установлена с определенной степенью точности. В основе методов титрования кислот и оснований лежит реакция нейтрализации. Если точно измерить объемы растворов химических веществ, вступивших в реакцию, и знать концентрацию одного раствора, то легко вычислить концентрацию другого, так как по закону эквивалентов объемы реагирующих растворов обратно пропорциональны их нормальным концентрациям:

$$N_1 \cdot V_1 = N_2 \cdot V_2$$

где  $V_1$  и  $V_2$  – объемы реагирующих веществ;  $N_1$  и  $N_2$  – нормальные концентрации растворов этих веществ, моль/л.

*Стандартизация раствора перманганата калия по щавелевой кислоте.* Титрованный раствор перманганата калия нельзя приготовить растворением точной навески: продажный перманганат калия содержит ряд примесей. Кроме того, концентрация перманганата калия, переведенного в раствор, заметно понижается, так как он расходуется на взаимодействие с примесями, присутствующими в воде.

Поэтому нормальность раствора перманганата калия устанавливают обычно лишь через 5–7 дней после его приготовления. Исходными веществами для стандартизации его служат свежеперекристаллизованная щавелевая кислота  $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$  или ее соли. Перманганат калия взаимодействует со щавелевой кислотой в сернокислой среде по уравнению:



Выполнение стандартизации: в бюретку вместимостью 25 мл наливают стандартизуемый раствор перманганата калия. Показания объема перманганата следует брать по верхнему мениску, так как раствор имеет интенсивную темную окраску. В коническую колбу для титрования отбирают 10 мл 0,05 н щавелевой кислоты, приготовленной из фиксанала. Прибавляют 10 мл 2 н серной кислоты, нагревают до 70°C (не допуская кипения) и титруют горячий раствор перманганатом калия. Титрование прекращают, когда избыточная капля перманганата сообщает определяемому раствору бледно-малиновую окраску, не исчезающую в течение 1–2 минут.

Концентрацию раствора перманганата калия вычисляют в соответствии с законом эквивалентов по среднему объему пошедшего на титрование перманганата калия, который вычисляют из трех сходящихся результатов.

#### Ход работы

1. В коническую колбу отбирают пипеткой 10 мл раствора соли Мора неизвестной концентрации.
2. Прибавляют 10 мл 2 н  $H_2SO_4$ .
3. При комнатной температуре (при нагревании  $Fe^{2+}$  окисляется кислородом воздуха до  $Fe^{3+}$ ) титруют раствором перманганата калия при интенсивном перемешивании до появления бледно-малиновой окраски, не исчезающей в течение 1-2 минут. Повторяют титрование не менее 3-х раз, и из сходящихся результатов вычисляют средний объем, пошедший на титрование. Результаты заносят в таблицу.

№ п/п	Объем раствора соли Мора, мл	Объем израсходованного раствора $KMnO_4$ , мл	Средний объем раствора $KMnO_4$ , мл

ОПОП	СМК-РПД-В1.П2-2022
Рабочая программа дисциплины Б1.В.01.03 «Аналитическая химия» для направления подготовки 44.03.05 «Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)», профили подготовки «Химия» и «Экология»	

4. Вычисляют количество граммов железа в анализируемом растворе через нормальность и через титр по определяемому веществу.

**Расчет через нормальность**

Допустим, что на титрование 10 мг раствора соли Мора пошло в среднем 12,50 мг 0,05181 н раствора перманганата калия. Тогда нормальная концентрация раствора соли Мора в соответствии с законом эквивалентов:

$$N_{\text{Соли Мора}} \cdot V_{\text{Соли Мора}} = N_{\text{KMnO}_4} \cdot V_{\text{KMnO}_4}$$

$$N_{\text{Соли Мора}} = N_{\text{KMnO}_4} \cdot V_{\text{KMnO}_4} / V_{\text{Соли Мора}}$$

$$N_{\text{Соли Мора}} = 0,05181 \cdot 12,50 / 10,00 = 0,06476 \text{ (г-экв/л)}$$

Умножив нормальную концентрацию на эквивалентную массу железа (55,85 г/моль) найдем содержание его в литре раствора. Содержание железа в литре раствора будет равно:

$$m_{\text{Fe}} = 0,06476 \cdot 55,85 = 3,617 \text{ г}$$

**Расчет через титр по определяемому веществу**

Допустим, что титрование производилось 0,05181 Н раствором перманганата калия, тогда:

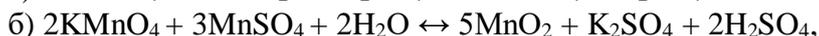
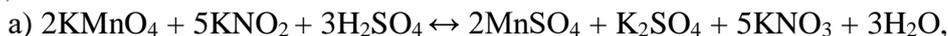
$$T_{\text{KMnO}_4/\text{Fe}^{2+}} = N_{\text{KMnO}_4} \cdot \mathcal{E}_{\text{Fe}^{2+}} / 1000 = 0,05181 \cdot 55,85 / 1000 = 0,002894 \text{ г/мл.}$$

Если на титрование 10 мл исследуемого раствора соли Мора затрачено в среднем 15 мл 0,05 н раствора перманганата калия, то количество железа (II) в одном литре раствора будет составлять:

$$m_{\text{Fe}^{2+}} = T_{\text{KMnO}_4/\text{Fe}^{2+}} \cdot V_{\text{KMnO}_4} \cdot 1000 / 10 = 3,617 \text{ г/л.}$$

**Вопросы и задания**

1. В чем сущность перманганатометрического титрования?
2. Почему не нужен индикатор при перманганатометрических определениях?
3. Чему равны эквивалентные массы окислителей и восстановителей в следующих реакциях:



4. Навеску  $\text{KMnO}_4$  в 1,8750 г растворили и довели объем раствора водой до 500 мг. Вычислите нормальную концентрацию раствора для реакции: а) в кислой среде, б) в щелочной среде.

5. Навеску технического железного купороса в 5,7700 г растворили и довели объем раствора водой до 250 мл. На титрование 25,00 мл раствора пошло в среднем 19,34 мл раствора  $\text{KMnO}_4$  с титром 0,003100 г/мл. Вычислите массовую долю (%)  $\text{FeSO}_4$  в техническом продукте.

**6.2 Внеаудиторная самостоятельная работа**

№ п/п	Наименование раздела	Наименование темы	Вид СР	Трудоемкость (час.)
1.	<b>Введение в аналитическую химию</b>	Выдающиеся ученые, внесшие вклад в аналитическую химию	конспект	7
2.	<b>Методы обнаружения и разделения</b>	Подготовка к работе, оформление отчета и защита прак. работы №1	конспект	10
		Подготовка к работе, оформление отчета и защита прак. работы №2	конспект	10

ОПОП	СМК-РПД-В1.П2-2022
Рабочая программа дисциплины Б1.В.01.03 «Аналитическая химия» для направления подготовки 44.03.05 «Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)», профили подготовки «Химия» и «Экология»	

		Подготовка к работе, оформление отчета и защита прак. работы №3	конс пект	10
		Подготовка к работе, оформление отчета и защита прак. работы №4	конс пект	10
		Подготовка к контрольной работе	конс пект	10
		Подготовка к зачету	конс пект	25
3.	<b>Химические методы анализа</b>	Подготовка к работе, оформление отчета и защита прак. работы №5	конс пект	8
		Подготовка к работе, оформление отчета и защита прак. работы №6	конс пект	8
		Подготовка к работе, оформление отчета и защита прак. работы №7	конс пект	8
		Подготовка к работе, оформление отчета и защита прак. работы №8	конс пект	9
		Подготовка к работе, оформление отчета и защита прак. работы №9	конс пект	9
		Подготовка к контрольной работе	конс пект	8

## 7. Перечень вопросов на зачет/экзамен

### Примерные вопросы на зачет

1. Предмет аналитической химии.
2. Химический анализ
3. Задачи, решаемые аналитической химией.
4. Связь аналитической химии с другими отраслями науки.
5. Значение аналитической химии.
6. Основные этапы развития аналитической химии.
7. Эколого-аналитический мониторинг. Экологический контроль.
8. Определение загрязнений.
9. Определение загрязнителей.
10. Классификация эколого-аналитического мониторинга по факторам и источникам воздействия.
11. Методы пробоотбора.
12. Методы разложения проб.
13. Химические методы анализа.
14. Физические методы анализа.
15. Биологические методы анализа.
16. Кинетические методы анализа.
17. Методы разделения элементов.
18. Гибридные методы анализа.
19. Уравнение Нернста.
20. Специфические реакции.
21. Термодинамическая константа равновесия.
22. Реальная константа равновесия.
23. Условная константа равновесия.

ОПОП	СМК-РПД-В1.П2-2022
Рабочая программа дисциплины Б1.В.01.03 «Аналитическая химия» для направления подготовки 44.03.05 «Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)», профили подготовки «Химия» и «Экология»	

24. Связь между константами равновесия.
25. Условие электронейтральности. Материальный баланс.
26. Активность, коэффициент активности, его расчет.
27. Основные положения протолитической теории кислот и оснований.
28. Расчет pH растворов сильных кислот и оснований.
29. Расчет pH неводных кислот и оснований.
30. Расчет pH растворов амфолитов.
31. Расчет pH буферных растворов. Буферная ёмкость.
32. Какие свойства ионов аммония лежат в основе его открытия?
33. Условия открытия ионов натрия и калия.
34. При действии антимоноата калия на раствор, содержащий ионы натрия, образовался белый аморфный осадок. Что это за осадок?
35. При открытии ионов аммония реактивом Несслера выпал белый аморфный осадок. Что это за осадок?
36. Почему реакцию открытия ионов магния в виде фосфата магния и аммония проводят в присутствии раствора аммиака?
37. При открытии ионов магния микрокристаллоскопической реакцией выпал белый аморфный осадок. Укажите ошибку экспериментатора.
38. Можно ли открыть ионы калия, натрия, магния, аммония дробно в их смеси?
39. Как открыть ионы бария в смеси катионов s - элементов?
40. Можно ли однозарядные катионы s- элементов отделить от двухзарядных катионов s - элементов?
41. Какую ошибку допустил студент переоткрыв ион натрия?
42. Можно ли открыть ионы кальция в смеси катионов s- элементов?
43. Какую ошибку допустил студент переоткрыв ион стронция?
44. С чем можно связать потери при осаждении гидроксидов хрома, алюминия, цинка?
45. Какие осадки можно ожидать при действии на смесь катионов: железо(III), никель(II), цинк(II), раствором аммиака в эквивалентном количестве и избытке?
46. Какие осадки можно ожидать на смесь катионов: хром(III), кобальт(II), никель(II), раствором щелочи в эквивалентном количестве и избытке?
47. Как отличить дитизонат цинка от дитизонатов других катионов?
48. В чем различие окраски «турнбулевой сини» и «берлинской лазури»?
49. Как устранить мешающее действие иона железа(III)?
50. При действии на ион никеля раствором диметилглиоксима не появилась характерная окраска. Почему?
51. Специфические реакции.
52. Селективные реакции.
53. Термохимический метод обнаружения катионов.
54. Метод растирания порошков.
55. Микрокристаллоскопический анализ.
56. Капельный метод анализа.
57. Макро-, полумикро-, микро- и ультрамикрoанализ.
58. Действие групповых регентов.
59. Действие гидроксидов натрия или калия на катионы металлов
60. Действие водного раствора аммиака на катионы металлов.
61. Действие серной кислоты и растворимых сульфатов на катионы металлов.
62. Действие растворимых хроматов на катионы металлов.
63. Действие растворимых оксалатов на катионы металлов.

ОПОП	СМК-РПД-В1.П2-2022
Рабочая программа дисциплины Б1.В.01.03 «Аналитическая химия» для направления подготовки 44.03.05 «Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)», профили подготовки «Химия» и «Экология»	

64. Действие фосфатов на катионы металлов.
65. Разделение ионов в виде сульфидов.
66. Использование для разделения фазовых переходов.
67. Экстракция.
68. Константа распределения.
69. Коэффициент распределения.
70. Степень экстракции.
71. Связь между степенью экстракции и коэффициентом распределения.
72. Константа экстракции.
73. Инертные и активные разбавители.
74. Лёгкие и тяжёлые разбавители.
75. Способы выражения произведения растворимости.
76. Расчет растворимости осадков.
77. Всегда ли образуется осадок при сливании растворов, содержащих ионы осадка?
78. Что подразумевается под полным осаждением?
79. Будет ли полным осаждение ионов бария, стронция, кальция в виде сульфатов?
80. Будет ли полным осаждение ионов серебра, ртути(I), свинца в виде хлоридов?
81. Рассчитать интервал значений рН для осаждения иона железа(III) с концентрацией 0,1 М.
82. Рассчитать интервал значений рН для осаждения иона алюминия с концентрацией 0,1 М.
83. При каком значении рН начнётся и закончится осаждение иона марганца(II) в виде гидроксида?
84. Как перевести сульфаты в карбонаты?
85. Будет ли гидроксид магния растворяться в сероводородной кислоте?
86. По каким признакам анионы делят на группы?
87. Какие анионы мешают обнаружению фосфат-ионов молибденовой жидкостью?
88. Что можно сказать о составе осадка, если часть его растворяется в горячей воде, а другая – в насыщенном растворе ацетата натрия?
89. Составьте схему хода анализа смеси сухих солей: а) ацетат свинца, хлорид бария; б) хлорид аммония, ацетат кальция; в) хлорид кальция, сульфат аммония; г) карбонат калия, сульфид натрия; д) сульфат кальция.

### Примерные вопросы к экзамену

Экзамен проводится в форме устных ответов на контрольные вопросы. В каждом экзаменационном билете обучающемуся предлагается ответить на 3 вопроса:

- 1) Теоретический вопрос № 1.
- 2) Практическое задание № 1. Анализ различных объектов
- 3) Практическое задание № 2. Решение расчетной задачи

### Перечень теоретических вопросов к экзамену

1. Предмет аналитической химии.
2. Химический анализ
3. Задачи, решаемые аналитической химией.
4. Связь аналитической химии с другими отраслями науки.
5. Значение аналитической химии.
6. Основные этапы развития аналитической химии.
7. Эколого-аналитический мониторинг. Экологический контроль.
8. Определение загрязнений.

ОПОП	СМК-РПД-В1.П2-2022
Рабочая программа дисциплины Б1.В.01.03 «Аналитическая химия» для направления подготовки 44.03.05 «Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)», профили подготовки «Химия» и «Экология»	

9. Классификация эколого-аналитического мониторинга по факторам и источникам воздействия.
10. Механизм образования твердой фазы – теория кристаллизации. Соосаждение.
11. Определение восстановителей титриметрически.
12. Метод комплексонометрии, условия. Примеры комплексонометрических определений.
13. Кривые титрования. Титрование сильных кислот сильными основаниями. Выбор индикатора.
14. Сравните условия образования кристаллических и аморфных осадков.
15. Кривые титрования. Титрование слабых оснований сильными кислотами. Выбор индикатора.
16. Сущность метода роданометрии. Задачи, решаемые методом.
17. Сущность метода аргентометрии. Задачи, решаемые методом.
18. Гравиметрический анализ. Сущность, условия, области применения.
19. Метод дихроматометрии. Условия, задачи, решаемые методом.
20. Определение окислителей титриметрически.
21. Метод перманганометрии. Условия, задачи, решаемые методом.
22. Метод иодометрии. Условия, задачи, решаемые методом.
23. Кривые титрования. Титрование слабых кислот сильными основаниями. Выбор индикатора.
24. Гравиметрия. Метод возникающих реагентов.
25. Зависимость скоростей образования зародышей и их роста от относительного пересыщения.
26. Способы и методы титрования.
27. Виды соосаждения.
28. Теории действия индикаторов кислотно-основного титрования.
29. Индикаторные ошибки титрования.

#### **Перечень практических заданий № 1**

1. Определение серы в пирите, угле.
2. Определение магния в доломите, карналлите.
3. Анализ технической соляной кислоты.
4. Определение кальция в известняке, доломите.
5. Определение железа в руде, хрома в ангидриде, марганца в пиролюзите, меди, свинца в их сплавах.
6. Составьте схему хода анализа смеси сухих солей хлорида кальция, нитрата калия и сульфата калия, взятых в эквивалентных количествах. Приведите уравнения реакций и необходимые расчеты.
7. Составьте схему хода анализа смеси сухих солей нитрата никеля, бромида калия и нитрата серебра, взятых в эквивалентных количествах. Приведите уравнения реакций и необходимые расчеты.
8. Составьте схему хода анализа смеси сухих солей сульфата магния, хлорида бария и нитрата серебра, взятых в эквивалентных количествах. Приведите уравнения реакций и необходимые расчеты.
9. Определение щавелевой кислоты (гидрооксалата, тригидрооксалата калия) различными методами титриметрического анализа.
10. Дифференцированное определение серной и щавелевой кислоты в смеси
11. Дифференцированное определение соляной кислоты и хлорида натрия в смеси
12. Дифференцированное определение соляной и уксусной кислоты в смеси

ОПОП	СМК-РПД-В1.П2-2022
Рабочая программа дисциплины Б1.В.01.03 «Аналитическая химия» для направления подготовки 44.03.05 «Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)», профили подготовки «Химия» и «Экология»	

13. Анализ растворимого фосфорного удобрения.
14. Определение суммарного содержания хрома в смеси хроматов и хромитов.
15. Анализ растворимого фосфорного удобрения.

#### Перечень практических заданий №2

1. Сколько миллилитров 1М раствора серной кислоты надо взять согласно уравнению реакции для осаждения свинца из раствора, содержащего 0,5 г  $Pb(NO_3)_2$ ?
2. При определении содержания кристаллизационной воды в образце хлорида бария получены данные: масса бюкса с навеской 27,2594 г; то же после высушивания 27,0269 г. Вычислите процентное содержание кристаллизационной воды в образце.
3. К раствору серной кислоты прибавлено 20,50 мл 0,2 М раствора гидроксида калия, после чего среда стала нейтральной. Сколько граммов серной кислоты было в растворе?  $T(H_2SO_4 / KOH) = 0,005820$  г/мл). Найти  $T(H_2SO_4)$ .
4. Какой объем воды надо добавить к 1,2 л 0.2 М HCl, чтобы приготовить 0,20 М раствор?
5. Какой объем 0,1000н раствора HCl пойдет на титрование 20,00 мл 0,05000 н раствора  $Na_2CO_3$ .
6. 1 мл тригидроксалата калия эквивалентен 0,2 мл раствора перманганата калия, 1 мл которого эквивалентен 0,1117 г железа. Определить молярную концентрацию эквивалентов тригидроксалата калия в качестве кислоты.
7. Навеску смеси  $Fe_2O_3$  и  $Al_2O_3$  массой 0,7000 г восстановили в токе водорода и получили 0,6350 г продукта, содержащего Fe и  $Al_2O_3$ . Вычислить массовые доли Fe и  $Al_2O_3$  в исходной смеси.
8. Для определения меди в сплаве из навески 0,300 г после растворения и обработки аммиаком было получено 250 см<sup>3</sup> окрашенного раствора, оптическая плотность которого в кювете с толщиной слоя 1 см была 0,250. Определить массовую долю меди в сплаве (в %); коэффициент молярного поглощения аммиаката меди равен 400.
9. Эквивалентная концентрация дихромата калия в реакциях окисления равна 0,5000 М. Сколько мл этого раствора потребуется затратить для осаждения ионов бария в присутствии ацетата натрия из раствора, полученного растворением навески двухводного хлорида бария в воде (масса навески 0,7000 г).
10. Осадок, содержащий 0.3 г  $CaCO_3$  промыт 300 мл 0.1 М раствора  $(NH_4)_2CO_3$ . Сколько граммов осадка растворится и сколько это составит в процентах?
11. Определить постоянную жесткость воды, если к 100,0 мл воды добавили 20,00 мл раствора  $Na_2CO_3$  ( $T(Na_2CO_3/CaO) = 0,003000$  г/мл), после отделения осадков  $CaCO_3$  и  $MgCO_3$  избыток  $Na_2CO_3$  оттитровали 17,30 мл раствора HCl. 20,00 мл раствора  $Na_2CO_3$  эквивалентны 21,00 мл раствора HCl.
12. Навеску 1,8230 г кристаллогидрата нитрата алюминия растворили водой в мерной колбе вместимостью 100,0 мл. К аликвотной части 10,00 мл этого раствора добавили избыток комплексоната магния. Объем 0,022503 М раствора трилона Б, пошедшего на титрование выделившихся ионов магния, 18,55 мл. Вычислить массовую долю нитрата алюминия в кристаллогидрате.
13. Рассчитайте pH раствора после добавления 20,00 мл 0,100 М гидроксида натрия при титровании 50,0 мл 0,0800 М пропионовой кислоты.  $T(KMnO_4) = 0,002980$  г/мл. Найти нормальность раствора для реакции перманганата в диоксид марганца.
14. Навеска иода массой 9,3250 г растворена в мерной колбе на 2000 мл. Найти титр раствора иода по тиосульфату натрия.

ОПОП	СМК-РПД-В1.П2-2022
Рабочая программа дисциплины Б1.В.01.03 «Аналитическая химия» для направления подготовки 44.03.05 «Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)», профили подготовки «Химия» и «Экология»	

15. Сколько мл  $\text{KMnO}_4$  с  $T(\text{KMnO}_4) = 0,003161$  г/мл нужно для определения железа, если при весовом методе потребовалось бы 3,50 мл 6 М аммиака для осаждения железа?

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение

### 8.1. Основная учебная литература:

1. Аналитическая химия [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / А. И. Апарнев, Г. К. Лупенко, Т. П. Александрова, А. А. Казакова. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 107 с. — (Высшее образование). — Режим доступа : <https://urait.ru/bcode/472049>
2. Казиев, Г. З. Аналитическая химия. Количественный анализ [Электронный ресурс] : Учебное пособие для вузов по специальности 032300-химия / Г. З. Казиев ; Моск. пед. гос. ун-т . — Электронные текстовые данные (48Mb) . — Москва : Прометей, 2004 . — 182 с. Режим доступа : <http://elibr.mpgu.info/view.php?fDocumentId=2128>
3. Васильев, В. П. Аналитическая химия : Сб. вопр., упражнений и задач : Учеб. пособие для вузов по направлениям подгот. дипломир. специалистов хим.-технол. профиля / В. П. Васильев, Л. А. Кочергина, Т. Д. Орлова ; Под ред. В. П. Васильева . — 2. изд., перераб. и доп. — Москва : Дрофа, 2003 . — 318 с.

### 8.2. Дополнительная учебная литература:

1. Казакова, Г. Д. Аналитическая химия. Ч. 1 [Электронный ресурс]: Учебное пособие : Курс лекций / Г. Д. Казакова, М. А. Шляхова, Г. З. Казиев; ФГБОУ ВПО "Московский педагогический государственный университет" (МПГУ) . — Электронные текстовые данные (4Mb) . — Москва : МПГУ, 2013 . — 90 с. : табл., граф. — Режим доступа : <http://elibr.mpgu.info/view.php?fDocumentId=8738>
2. Практикум по аналитической химии. В 2 ч. Ч. 1. Химические методы анализа: Учеб. пособ. /В.В. Слепушкин, Б. М. Стифатов, Ю.В.Рублинецкая, Е.Ю.Мощенская. Самар. гос. техн. ун-т. Самара, 2011. 246 с.

### 8.3. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет:

1. <http://molbiol.ru/> - Классическая и молекулярная биология
2. <http://elementy.ru/> - Новости науки
3. <http://www.chem.msu.ru/> - Портал фундаментального химического образования МГУ.
4. <http://chemport.ru/> - Химический портал.
5. <http://www.xumuk.ru/> - Сайт о химии.
6. <http://bibl.kamgru.ru> - Сайт библиотеки КамГУ.
7. [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru) - eLibrary – Научная электронная библиотека.
8. <https://urait.ru/> - Образовательная платформа Юрайт.
9. <http://www.chem.msu.ru/> - Портал фундаментального химического образования МГУ
10. <http://chemport.ru/> - Химический портал
11. <http://www.xumuk.ru/> - Сайт о химии

### 8.4. Информационные технологии: участие в административном тестировании, работа в системе Moodle.

## 9. Формы и критерии оценивания учебной деятельности студента

ОПОП	СМК-РПД-В1.П2-2022
Рабочая программа дисциплины Б1.В.01.03 «Аналитическая химия» для направления подготовки 44.03.05 «Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)», профили подготовки «Химия» и «Экология»	

**Форма промежуточной аттестации** – зачет, экзамен.

**Критерии оценивания устных ответов и письменных работ**

Форма работы	Критерии оценивания
1. Систематическая проработка конспектов занятий, учебной и специальной литературы.	качество уровня освоения учебного материала; умение использовать теоретические знания при выполнении практических задач или ответе на практико-ориентированные вопросы; обоснованность и четкость изложения ответа.
2. Подготовка к контрольным работам, экзамену (и другим формам контроля).	качество уровня освоения учебного материала; умение использовать теоретические знания при выполнении практических задач или ответе на практико-ориентированные вопросы; обоснованность и четкость изложения ответа.
3 Самостоятельное изучение материала и конспектирование учебной и специальной литературы.	краткое изложение (при конспектировании) основных теоретических положений темы; логичность изложения ответа; уровень понимания изученного материала.
4 Написание и защита доклада (реферата), подготовка к сообщению или семинару по заданной преподавателем теме.	полнота и качественность информации по заданной теме; свободное владение материалом сообщения/доклада/реферата; логичность и четкость изложения материала; наличие и качество презентационного материала.
5. Выполнение практических расчетных заданий.	грамотная запись условия задачи и ее решения; грамотное использование формул; грамотное использование справочной литературы; точность и правильность расчетов; обоснование решения задачи.
6. Оформление отчетов по лабораторным работам и подготовка к их защите.	оформление лабораторных и практических работ в соответствии с требованиями, описанными в методических указаниях; качественное выполнение всех этапов работы; необходимый и достаточный уровень понимания цели и порядка выполнения работы; правильное оформление выводов работы; обоснованность и четкость изложения ответа на контрольные вопросы к работе.

**Критерии оценивания различных форм промежуточной аттестации**

Уровень сформированности компетенции	Уровень освоения дисциплины (оценка)	Форма промежуточной аттестации			
		Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен	Защита курсовой работы
Универсальные критерии оценивания					
Высокий	зачтено // отлично	Продемонстрированы глубокие знания программного материала, а также сформированность всех дескрипторов компетенции: знаний,		Продемонстрировано всестороннее и глубокое освещение избранной темы (проблематики), а также умение работать с источниками, делать	

ОПОП	СМК-РПД-В1.П2-2022
Рабочая программа дисциплины Б1.В.01.03 «Аналитическая химия» для направления подготовки 44.03.05 «Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)», профили подготовки «Химия» и «Экология»	

		умений, навыков. Ответы логически последовательны, содержательны. Стиль изложения научный. Применение умений и навыков уверенное.	теоретические и практические выводы. Ответ логически последователен, содержателен. Стиль изложения научный с использованием терминологии.
Базовый	зачтено // хорошо	Продемонстрированы глубокие знания программного материала, а также успешная сформированность дескрипторов компетенции: знаний, умений, навыков. Ответы логически последовательны, содержательны. Стиль изложения научный. Вместе с тем, студентом допущены ошибки, имеет место пробелы в умениях и навыках.	Продемонстрировано глубокое освещение избранной темы (проблематики), а также умение работать с источниками, делать теоретические и практические выводы. Ответ логически последователен, содержателен. Стиль изложения научный с использованием терминологии. Вместе с тем, студентом допущены ошибки.
Пороговый	зачтено // удовлетворительно	Продемонстрированы не достаточные знания программного материала, имеются затруднения в понимании сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений. Сформированы дескрипторы компетенции: знания, умения, навыки порогового уровня.	Продемонстрировано в основном владение материалом, а также умение работать с источниками, делать выводы. Вместе с тем, недостаточно четко отражены результаты исследования, студентом допущены ошибки.
Компетенции не сформированы	не зачтено // неудовлетворительно	Ответ фрагментарен, нелогичен. Студент не осознает связь обсуждаемого вопроса с другими вопросами дисциплины. Терминология не используется. Дескрипторы компетенции: знания, умения, навыки не сформированы (теоретические знания разрознены, умения и навыки отсутствуют) // Либо ответ на вопрос полностью отсутствует или студент отказывается от ответа.	Ответ фрагментарен, нелогичен. Студент не осознает связь обсуждаемого вопроса (проблематики исследования) с другими вопросами дисциплины. Терминология не используется. Теоретические знания разрознены, умения и навыки отсутствуют // Либо ответ на вопрос полностью отсутствует или студент отказывается от ответа.

## 10. Материально-техническая база

Для реализации дисциплины оборудована учебная аудитория, укомплектованная учебной мебелью, мультимедийной техникой (проектор и ноутбук), экраном. Для проведения занятий лекционного типа предлагаются наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий.

Перечень материально-технического обеспечения, необходимого для реализации ОП ВО по направлению подготовки 44.03.05 «Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)», профили подготовки «Химия» и «Экология», включает в себя специализированные помещения, оснащенные лабораторным оборудованием, в зависимости от степени сложности. Для лабораторных занятий имеются реактивы, лабораторная посуда, специализированная литература.

### Оснащение кабинета химии (ауд. 51) и лаборантской:

1. Весы лабораторные Аcom JW-1-300
2. Аквадистиллятор
3. Ванна ультразвуковая УЗВ-14
4. Весы лабораторные электронные аналитические
5. Весы ВЛЭТ-500 с гирей

ОПОП	СМК-РПД-В1.П2-2022
Рабочая программа дисциплины Б1.В.01.03 «Аналитическая химия» для направления подготовки 44.03.05 «Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)», профили подготовки «Химия» и «Экология»	

6. Колбонагреватели ПЭ-4120М
7. Печь муфельная
8. рН-милливольтметр рН-150М
9. рН-метр РН-213 стационарный
10. Фотоэлектроколориметр КФК -3-01
11. Центрифуга ЦЛМН «Элекон»
12. Шкаф суховоздушный ШС-80-01
13. Шкаф сушильный Binder
14. Фотометр (фотоэлектроколориметр) КФК-03-01
15. Термостат ТW-20
16. Дозаторы 1-о канальные НТЛ
17. Химические реактивы.
18. Лабораторное стекло.

Для самостоятельной подготовки студентов оборудовано помещение с учебной мебелью, компьютерами и подключением к сети Интернет.