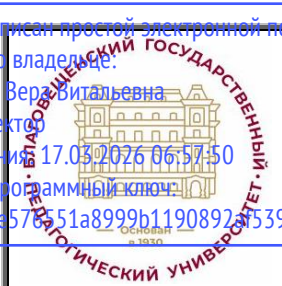



Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Щёкина Вера Битальевна  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 17.03.2026 06:57:50  
Уникальный программный ключ:  
a2232a55157e576551a8999b1190892af53989420420336ffbf573a434e57789

	<b>МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ</b>
	<b>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Благовещенский государственный педагогический университет»</b>
	<b>ОСНОВНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА Рабочая программа дисциплины</b>

**УТВЕРЖДАЮ**

**Декан естественно-географического  
факультета ФГБОУ ВО «БГПУ»**

 **И.А. Трофимцова**

**«17» мая 2023 г.**

**Рабочая программа дисциплины  
«АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»**

**Направление подготовки  
44.03.05 ПЕДАГОГИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ  
(с двумя профилями подготовки)**

**Профиль  
«БИОЛОГИЯ»**

**Профиль  
«ХИМИЯ»**

**Уровень высшего образования  
БАКАЛАВРИАТ**

**Принята на заседании кафедры химии  
(протокол №9 от «10» мая 2023 г.)**

**Благовещенск 2023**

**СОДЕРЖАНИЕ**

<b>1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА .....</b>	<b>3</b>
<b>2 УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ .....</b>	<b>4</b>
<b>3 СОДЕРЖАНИЕ ТЕМ (РАЗДЕЛОВ) .....</b>	<b>8</b>
<b>4 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ (УКАЗАНИЯ) ДЛЯ СТУДЕНТОВ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>10</b>
<b>5 ПРАКТИКУМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>	<b>12</b>
<b>6 ДИДАКТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ (САМОКОНТРОЛЯ) УСВОЕННОГО МАТЕРИАЛА.....</b>	<b>40</b>
<b>7 ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ .....</b>	<b>47</b>
<b>8 ОСОБЕННОСТИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ .....</b>	<b>59</b>
<b>9 СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ .....</b>	<b>59</b>
<b>10 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА .....</b>	<b>60</b>
<b>11 ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ И ДОПОЛНЕНИЙ .....</b>	<b>62</b>

## 1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

### 1.1 Цель и задачи дисциплины

**Цель дисциплины:** сформировать фундаментальные знания в области аналитической химии.

**Задачи дисциплины:**

Исходя из цели, в процессе изучения дисциплины решаются следующие задачи:

- освоение методов и средств химических исследований веществ и их превращений;
- формирование навыков выполнения химических лабораторных операций;
- освоение методами количественного определения веществ и оценки погрешностей

при проведении эксперимента.

### 1.2 Место дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина «Аналитическая химия» относится к дисциплинам обязательной части предметно-методического модуля по профилю «Химия» блока Б.1: Б1.О.08.04.

Для освоения дисциплины «Аналитическая химия» обучающиеся используют знания, умения, сформированные в ходе изучения общей химии, физики, математики на первом курсе обучения в университете.

Дисциплина «Аналитическая химия» является основой для последующего изучения химических дисциплин и подготовки к итоговой государственной аттестации.

**1.3 Дисциплина направлена на формирование следующих компетенций:** УК-1, ОПК-8, ПК-2:

- **УК-1.** Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач, **индикаторами** достижения которой являются:

- УК-1.2 Находит и критически анализирует информацию, необходимую для решения поставленной задачи;

- УК-1.3 Аргументированно формирует собственное суждение и оценку информации, принимает обоснованное решение;

- **ОПК-8.** Способен осуществлять педагогическую деятельность на основе специальных научных знаний, **индикатором** достижения которой является:

- ОПК-8.3 Демонстрирует специальные научные знания, в том числе в предметной области;

- **ПК-2.** Способен осуществлять педагогическую деятельность по профильным предметам (дисциплинам, модулям) в рамках программ основного общего и среднего общего образования, **индикатором** достижения которой является:

- ПК-2.2 Применяет основы теории фундаментальных и прикладных разделов химии (неорганической, аналитической, органической, физической, химии ВМС, химических основ биологических процессов, химической технологии) для решения теоретических и практических задач.

**1.4 Перечень планируемых результатов обучения. В результате изучения дисциплины студент должен**

**Знать:**

- особенности химической формы организации материи;
- классификацию катионов и анионов на аналитические группы;
- качественные химические реакции катионов и анионов;
- кислотно-основную систему анализа веществ;
- теоретические основы химических методов анализа и исследования химических веществ;

- основные методы получения и исследования веществ.

- сущность химических и инструментальных методов анализа:

**Уметь:**

- готовить и стандартизировать растворы;

- получать и исследовать химические вещества;
- интерпретировать полученные при проведении анализа данные;
- проводить статистическую обработку полученных в результате анализа данных;

**Владеть:**

- навыками проведения химического анализа.

**1.5 Общая трудоемкость дисциплины «Аналитическая химия»** составляет 8 зачетных единиц общим объемом 288 часа.

Курс изучается в течение 3 и 4 семестров и завершается зачетом в третьем семестре и экзаменом в четвертом. Обязательным условием допуска студента к зачету является выполнение им практикума, представление отчета и полного перечня расчетных домашних задач. Кроме того, в каждом семестре студент должен решить две контрольные работы.

**1.6 Объем дисциплины и виды учебной деятельности**

**Объем дисциплины и виды учебной работы (очная форма обучения)**

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры	
		3	4
Общая трудоемкость	288	3	4
Контактная работа	128	64	64
Лекции	52	26	26
Лабораторные работы	76	38	38
Самостоятельная работа	124	44	80
Вид итогового контроля	36	зачет	экзамен

**2 УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ**

**Учебно-тематический план (очная форма обучения)**

№	Наименование тем (разделов)	Всего часов	Аудиторные занятия		Самостоятельная работа
			Лекции	Лабораторные работы	
	<b>Качественный анализ</b>	<b>108</b>	<b>26</b>	<b>38</b>	<b>44</b>
<b>1</b>	<b>Предмет, задачи и методы качественного анализа</b>	<b>14</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>6</b>
	1. Предмет, задачи и методы качественного анализа	6	4		2
	2. Аналитические реакции катионов первой аналитической группы	4		2	2
	3. Контрольная задача. Анализ смеси катионов первой группы	4		2	2
<b>2.</b>	<b>Метрологические основы химического анализа</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>1</b>
<b>3.</b>	<b>Теория и практика пробоотбора</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>1</b>
<b>4.</b>	<b>Закон действия масс, как теоретическая основа качественного анализа</b>	<b>16</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>6</b>
	1. Закон действия масс, как теоретическая основа качественного анализа	8	6		2
	2. Аналитические реакции катионов второй группы	4		2	2
	3. Контрольная задача. Анализ смеси катионов второй группы	4		2	2
<b>5.</b>	<b>Закон действия масс и гетерогенные процессы</b>	<b>24</b>	<b>2</b>	<b>12</b>	<b>10</b>

	1. Закон действия масс и гетерогенные процессы	4	2		2
	2. Решение задач	6		4	2
	3. Аналитические реакции катионов третьей группы.	4		2	2
	4. Контрольная задача. Анализ смеси катионов 3 аналитической группы	4		2	2
	5. Контрольная задача. Анализ смеси катионов первой, второй и третьей аналитических групп	6		4	2
<b>6.</b>	<b>Закон действия масс и процессы гидролиза и амфотерности</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>4</b>
	1. Закон действия масс и процессы гидролиза и амфотерности	4	2		2
	2. Аналитические реакции катионов четвертой аналитической группы	4		2	2
<b>7.</b>	<b>Окислительно-восстановительные процессы в качественном анализе.</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>4</b>
	1. Окислительно-восстановительные процессы в качественном анализе	4	2		2
	2 Аналитические реакции катионов пятой аналитической группы	4		2	2
<b>8.</b>	<b>Коллоидные системы в качественном анализе</b>	<b>1,5</b>	<b>1</b>	<b>-</b>	<b>0,5</b>
<b>9.</b>	<b>Комплексообразование в аналитической химии</b>	<b>19</b>	<b>2</b>	<b>10</b>	<b>7</b>
	1.Комплексообразование в аналитической химии	3	2		1
	2. Аналитические реакции катионов шестой группы	4		2	2
	3. Контрольная задача. Анализ смеси катионов 4,5,6 аналитических групп	6		4	2
	4. Контрольная задача. Анализ смеси катионов всех шести аналитических групп	6		4	2
<b>10.</b>	<b>Анионы и анализ сухого вещества.</b>	<b>1,5</b>	<b>1</b>	<b>-</b>	<b>0,5</b>
<b>11.</b>	<b>Методы разделения и концентрирования веществ</b>	<b>10</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
	1. Методы разделения и концентрирования веществ	4	2	-	2
	2. Аналитические реакции анионов первой аналитической группы	3		2	1
	3. Аналитические реакции анионов второй и третьей групп	3		2	1

<b>Количественный анализ</b>		<b>144</b>	<b>26</b>	<b>38</b>	<b>80</b>
<b>1.</b>	<b>Гравиметрический метод анализа</b>	<b>34</b>	<b>4</b>	<b>12</b>	<b>18</b>
	1. Гравиметрический метод анализа	10	4		6
	2. Решение задач. Вычисления в гравиметрическом анализе (количество осадителя, % потери)	8		4	4
	3. Определение содержания кристаллизационной воды в кристаллогидрате хлорида бария	8		4	4
	4. Определение сульфат-ионов	8		4	4
<b>2.</b>	<b>Титриметрический метод анализа</b>	<b>20</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>12</b>
	1. Титриметрический метод анализа	12	6		6
	2. Решение задач по теме «Титриметрический анализ»	8		2	6
<b>3.</b>	<b>Методы кислотно-основного титрования</b>	<b>26</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>14</b>
	1. Методы кислотно-основного титрования	6	4		2
	2. Приготовление и стандартизация раствора хлороводородной кислоты	6		2	4
	3. Определение содержания соды и щелочи при их совместном присутствии	6		2	4
	4. Определение аммиака в солях аммония методом обратного титрования	8		4	4
<b>4.</b>	<b>Методы осадительного титрования</b>	<b>18</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>10</b>
	1. Методы осаждения	6	4		2
	2. Аргентометрия. Приготовление и стандартизация раствора нитрата серебра	6		2	4
	3. Определение хлорид-ионов в сточных водах методом Фольгарда	6		2	4
<b>5.</b>	<b>Методы комплексометрического титрования</b>	<b>18</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>10</b>
	1. Методы комплексометрического титрования	6	4		2
	2. Комплексометрия. Приготовление и стандартизация раствора ЭДТА	6		2	4
	3. Определение кальция и магния при их совместном присутствии	6		2	4
<b>6.</b>	<b>Методы окислительно-восстановительного титрования.</b>	<b>28</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>16</b>
	1. Методы комплексообразования				

	2. Перманганатометрия. Приготовление и стандартизация раствора перманганата калия по оксалату натрия	8	4		4
	3. Определение нитрит-ионов	6		2	4
	4. Приготовление и стандартизация раствора тиосульфата натрия.	6		2	4
	Определение меди	8		4	4
	Итоговый контроль – экзамен	36			
	Итого	<b>288</b>	<b>52</b>	<b>76</b>	<b>124</b>

### Интерактивное обучение по дисциплине «Аналитическая химия»

№	Тема занятия	Вид занятия	Форма интерактивного занятия	Количество часов
1	Окислительно-восстановительные равновесия и их роль в аналитической химии	ЛК	Просмотр и обсуждение учебного фильма «Окислительно-восстановительные процессы»	2
2	Равновесия комплексообразования и их роль в аналитической химии	ЛК	Просмотр и обсуждение учебного фильма «Комплексные соединения»	2
3	Методы маскировки, разделения и концентрирования	ЛК	Просмотр и обсуждение учебного фильма «Простая и фракционная перегонка. Видеоурок»	2
4	Контрольная задача. Анализ смеси катионов первой группы	ЛБ	Работа в малых группах	2
5	Контрольная задача. Анализ смеси катионов второй группы	ЛБ	Работа в малых группах	2
6	Контрольная задача. Анализ смеси катионов третьей группы	ЛБ	Работа в малых группах	2
7	Контрольная задача. Анализ смеси катионов I, II и III групп	ЛБ	Работа в малых группах	2
8	Контрольная задача. Анализ смеси катионов 4,5,6 аналитических групп	ЛБ	Работа в малых группах	2
9	Контрольная задача. Анализ смеси катионов шестой группы	ЛБ	Работа в малых группах	2
10	Гравиметрический анализ. Определение содержания кристаллизационной воды в кристаллогидрате хлорида бария	ЛБ	Работа в малых группах	2
11	Гравиметрический анализ. Определение сульфат-ионов	ЛБ	Работа в малых группах	2
12	Определение содержания кристаллизационной воды в кристаллогидрате хлорида бария	ЛБ	Работа в малых группах	2
13	Титриметрический анализ. Приготовление и стандартизация растворов	ЛБ	Работа в малых группах	2
	ИТОГО		<b>26/124=20 %</b>	

### 3 СОДЕРЖАНИЕ ТЕМ (РАЗДЕЛОВ)

#### 1. Качественный анализ

##### Предмет, задачи и методы качественного анализа

Предмет задачи и методы аналитической химии. Качественный и количественный анализ. Основные этапы развития аналитической химии. Работы М.В. Ломоносова, Н.А. Меншуткина, А.Б. Бутлерова, Д.И. Менделеева, Н.С. Курнакова, Л.А. Чугаева. Методологические основы аналитической химии. Место аналитической химии среди других наук.

Классификация методов анализа по следующим признакам: а) по агрегатному состоянию анализируемого объекта и продукта реакции; б) по количеству используемого вещества; в) по технике выполнения и измерения результатов анализа.

Классификация реактивов по чистоте. Стандарты ГОСТ, ТУ.

Роль аналитической химии в развитии промышленности, сельского хозяйства, в медицине, научных исследованиях, охране окружающей среды, мониторинге.

Значение аналитической химии для других наук, роль ее в профессиональной подготовке учителя химии и биологии. Примеры применения различных методов анализа в проведении исследовательских работ студентов по оценке состояния атмосферного воздуха, водных и земельных ресурсов.

Чувствительность аналитических реакций, способы ее выражения. Открываемый минимум и предельное разбавление. Условия обнаружения неорганических ионов.

Избирательность и специфичность реакций. Групповые и частные реакции. Дробный и систематический методы анализа. Групповой реагент.

Аналитическая классификация катионов по группам: сероводородная (сульфидная), аммиачно-фосфатная, кислотнo-основная. Ограниченность любой классификации катионов по группам.

##### Качественный анализ катионов

Кислотно-щелочная система качественного анализа. Соотношение между классификацией катионов в анализе и периодической системой Д.И. Менделеева.

Систематический анализ катионов по кислотнo-основному методу. Аналитические реакции катионов различных аналитических групп.

##### Метрологические основы аналитической химии

Единицы количества вещества и способы выражения концентраций. Выбор метода анализа. Содержание компонента. Избирательность метода. Точность анализа. Экспрессивность метода. Стоимость анализа. Автоматизация анализа.

Аналитический сигнал. Измерение. Погрешности химического анализа. Обработка результатов измерений. Систематические погрешности. Случайные погрешности.

Предел обнаружения. Диапазон определяемых содержаний. Значащие цифры и правила округления.

##### Отбор и подготовка пробы к анализу

Подготовка образца к анализу. Средняя проба. Отбор средней пробы жидкости, твердого тела (однородного и неоднородного вещества). Масса пробы Растворение пробы (в воде, в водных растворах кислот, в других растворителях), обработка пробы насыщенными растворами соды, поташа или ее сплавление с солями.

##### Закон действия масс как теоретическая основа качественного анализа

Химическое равновесие. Константа равновесия. Идеальные и реальные системы. Использование закона действия масс при исследовании сильных и слабых электролитов. Взаимосвязь между концентрацией, степенью и константой диссоциации. Закон В. Оствальда. Ионное произведение воды и рН растворов. Действие одноименного иона Расчеты с использованием закона действия масс.

Количественное описание равновесных процессов в сильных электролитах. Активность и коэффициент активности.

Буферные растворы, их значение в анализе. Типы буферных систем. Вычисление  $H^+$  и рН в растворах буферных смесей.

### **Закон действия масс и гетерогенные процессы**

Ионное равновесие между жидкой и твердой фазой. Произведение растворимости; вывод общей формулы. Взаимосвязь между растворимостью вещества и его произведением растворимости с учетом и без учета коэффициента активности. Роль посторонних ионов. Солевой эффект.

Осаждение. Факторы, определяющие полноту осаждения, природа и количество осадителя, ионная сила и рН раствора. Зависимость чувствительности реакции от произведения растворимости веществ. Растворение осадков и превращение одних малорастворимых осадков в другие.

### **Закон действия масс и законы гидролиза и амфотерности**

Гидролиз. Взаимосвязь между концентрацией, степенью и константой гидролиза. Вывод формул и вычисление концентраций ионов  $H^+$  и рН в растворах: 1) солей слабой одноосновной кислоты; 2) солей слабой многоосновной кислоты; 3) солей слабого основания; 4) солей слабых оснований и кислот. Зависимость гидролиза от констант диссоциации кислоты и основания, температуры и разбавления раствора. Использование процессов гидролиза для определения и разделения ионов.

### **Окислительно-восстановительные процессы в качественном анализе**

Использование редокс-потенциалов для определения направления окислительно-восстановительных реакций, выбора наиболее эффективного окислителя или восстановителя и среды.

Выбор окислительно-восстановительных реакций для качественного обнаружения ионов в растворе. Примеры использования редокс-реакций в качественном анализе.

### **Комплексообразование в качественном анализе**

Образование комплексных соединений при проведении систематического и дробного анализа. Влияние констант устойчивости комплексных соединений на интервалы рН комплексообразования. Расчет концентрации лиганда, обеспечивающий заданную степень связывания катиона в комплекс.

Образование внутрикомплексных соединений (хелатов). Органические реагенты в качественном анализе. Избирательность органических реагентов. Маскирование мешающих ионов.

Расчет с применением констант устойчивости, диссоциации и степени связывания ионов.

### **Анионы и анализ сухого вещества**

Классификация анионов по аналитическим группам. Действие групповых реагентов. Частные реакции анионов. Предварительные испытания при анализе смеси анионов. Пробы на анионы-окислители и анионы-восстановители. Систематический и дробный анализ анионов.

### **Методы разделения и концентрирования веществ**

Разделение. Концентрирование. Классификация методов разделения и концентрирования. Количественные характеристики разделения и концентрирования. Осаждение и соосаждение.

Экстракция. Условия экстракции вещества. Основные законы и количественные характеристики. Скорость экстракции. Классификация экстракционных процессов. Экстрагенты и разбавители. Типы экстрагируемых соединений. Применение экстракции в аналитике. Принцип метода жидкостной экстракции. Экстракционное равновесие. Влияние различных факторов на процессы экстракции. Классификация экстракционных систем.

## **2. Количественный анализ**

### **Теоретические основы количественного анализа**

Предмет количественного анализа. Развитие и совершенствование методов анализа. Вклад русских и советских химиков-аналитиков в создание и развитие количественного анализа. Классификация методов количественного анализа: химические, физико-химические, физические.

Ошибки в количественном анализе. Классификация ошибок. Взятие средней пробы. Статистическая обработка результатов с помощью ЭВМ.

### **Гравиметрический (весовой) метод анализа**

Сущность гравиметрического анализа. Осаждаемая и гравиметрическая форма осадка. Механизм образования твердой фазы. Осадки кристаллические и аморфные. Растворимость осадков. Требования к осадкам в количественном анализе. Выбор осадителя, неорганические и органические осадители. Количество осадителя. Влияние одноименных ионов, посторонних электролитов, комплексообразователей, температуры, pH и природы растворителя на растворимость осадка. Условия осаждения и получения гравиметрической формы. Адсорбция и окклюзия. Расчеты в гравиметрическом анализе.

### **Титриметрические (объемные) методы анализа**

Сущность титриметрического анализа. Выражение концентрации растворов в титриметрическом анализе. Исходные вещества и требования к ним. Стандартные и стандартизованные растворы. Измерительная посуда и ее проверка. Вычисления в титриметрическом анализе.

### **Методы кислотно-основного титрования**

Ацидиметрия и алкалометрия. Точка нейтральности и конечная точка титрования. Кривые титрования. Титрование сильной кислоты сильным основанием (или наоборот); слабой кислоты сильным основанием (или наоборот); слабого основания сильной кислотой (или наоборот); слабой кислоты сильным основанием (или наоборот). Расчет кривых титрования.

Индикаторы в кислотно-основном титровании. Теория индикаторов, интервал перехода индикатора. Выбор индикатора. Индикаторные ошибки титрования.

Расчеты в методах кислотно-основного титрования. Примеры использования данного метода. Титрование в неводных средах.

### **Окислительно-восстановительное титрование**

Основы методов окисления-восстановления. Использование окислительно-восстановительных реакций в качественном анализе. Классификация методов окисления-восстановления. Редокс-потенциалы и направление протекания реакций. Константы окислительно-восстановительных реакций и их связь с нормальными потенциалами.

Факторы, определяющие скорость реакций окисления восстановления. Расчеты в методах редоксиметрии.

Кривые титрования в методах редоксиметрии. Фиксирование точки эквивалентности. Редокс-индикаторы.

### **Осадительное титрование**

Характеристика и классификация методов осаждения. Реакции, лежащие в основе методов осаждения. Сходство и отличие методов осаждения от гравиметрического анализа. Кривые титрования в методах осаждения и их анализ. Факторы, влияющие на ход кривой титрования. Выбор индикаторов. Прямое и обратное титрование. Расчеты в методах осаждения, области применения.

### **Комплексометрическое титрование**

Сущность метода. Требования к реакциям в комплексометрии. Классификация методов и их применение. Теоретические основы комплексометрии. Комплексоны. Константы устойчивости комплексных соединений. Условные константы устойчивости. Кривые титрования в комплексометрии. Примеры комплексометрического титрования.

## **4 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ (УКАЗАНИЯ) ДЛЯ СТУДЕНТОВ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Аналитическая химия является фундаментальной химической наукой, занимающей видное место в ряду других химических дисциплин. Вместе с тем аналитическая химия теснейшим образом связана с повседневной практикой, поскольку без данных анализа о содер-

жании в сырье или конечном продукте основных компонентов и примесей невозможно грамотное проведение технологического процесса в металлургической, химической, фармацевтической и других отраслях промышленности. Данные химического анализа требуются при решении экологических, экономических и многих других важных вопросов.

Учебно-методические материалы по подготовке лекционных и практических занятий представлены отдельно по каждому разделу курса. В каждом разделе даны:

1) учебно-методические материалы лекционного курса, включающие подробный план лекции по каждой изучаемой теме, вопросы и задания для самоконтроля, список основной и дополнительной литературы с указанием конкретных страниц;

2) учебно-методические материалы по подготовке практических занятий, содержащие планы проведения занятий с указанием последовательности рассматриваемых тем, задания для самостоятельной работы, краткие теоретические и учебно-методические материалы по теме, систему упражнений для самопроверки. Выполнение упражнений даст возможность студентам глубже усвоить теоретический материал, применить полученные знания на практике.

Представлены также контрольные тесты по всем разделам, которые позволят проверить уровень усвоения изученного материала.

Успешное освоение дисциплины предполагает активное, творческое участие студента путем планомерной, повседневной работы. Изучение дисциплины следует начинать с проработки рабочей программы, особое внимание уделяя целям и задачам, структуре и содержанию курса.

Прежде чем приступить к выполнению заданий для самоконтроля, студентам необходимо изучить рекомендуемую по каждой теме литературу.

#### **Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов по дисциплине**

<b>№</b>	<b>Наименование раздела (темы) дисциплины</b>	<b>Формы/виды самостоятельной работы</b>	<b>Количество часов, в соответствии с учебно-тематическим планом</b>
1.	Предмет, задачи и методы качественного анализа.	Изучение основной литературы Изучение дополнительной литературы Конспектирование изученных источников	6
2.	Метрологические основы анализа	Изучение основной литературы Изучение дополнительной литературы Оформление лабораторной работы Подготовка отчета по лабораторной работе Решение расчетных задач	1
3.	Теория и практика пробоотбора	Изучение основной литературы Изучение дополнительной литературы Оформление лабораторной работы Подготовка отчета по лабораторной работе Решение расчетных задач	1
4.	Закон действия масс как теоретическая основа качественного анализа	Изучение основной литературы Изучение дополнительной литературы Оформление лабораторной работы Подготовка отчета по лабораторной работе Решение расчетных задач	6
5.	Закон действия масс и гетерогенные процессы	Изучение основной литературы Изучение дополнительной литературы Оформление лабораторной работы	10

		Подготовка отчета по лабораторной работе	
6.	Закон действия масс и процессы гидролиза и амфотерности	Изучение основной литературы Изучение дополнительной литературы Конспектирование изученных источников Подготовка рефератов и презентаций Оформление лабораторной работы	4
7.	Окислительно-восстановительные процессы в качественном анализе	Изучение основной литературы Изучение дополнительной литературы Оформление лабораторной работы	4
8.	Коллоидные системы в качественном анализе	Изучение основной литературы Изучение дополнительной литературы Оформление лабораторной работы	0,5
9.	Комплексообразование в качественном анализе	Изучение основной литературы Изучение дополнительной литературы Оформление лабораторной работы	7
10.	Анионы и анализ сухого вещества	Изучение основной литературы Изучение дополнительной литературы	0,5
11.	Методы разделения и концентрирования веществ	Изучение основной литературы Изучение дополнительной литературы	4
12.	Гравиметрический метод анализа	Изучение основной литературы Изучение дополнительной литературы Оформление лабораторной работы	18
13.	Титриметрические методы анализа	Изучение основной литературы Изучение дополнительной литературы Оформление лабораторной работы	62

## 5 ПРАКТИКУМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Цель практикума по аналитической химии – закрепить на практике полученные теоретические знания.

### **Выполнение лабораторных работ**

На занятии получите у преподавателя график выполнения лабораторных работ. Обзаведитесь всем необходимым методическим обеспечением. Перед посещением лаборатории изучите теорию вопроса, предполагаемого к исследованию, ознакомьтесь с руководством по соответствующей работе и подготовьте протокол проведения работы, в который занесите:

- название работы;
- заготовки таблиц для заполнения экспериментальными данными наблюдений;
- уравнения химических реакций превращений, которые будут осуществлены при выполнении эксперимента;
- расчетные формулы.

Оформление отчетов должно проводиться после окончания работы в лаборатории. Для подготовки к защите отчета следует проанализировать экспериментальные результаты, сопоставить их с известными теоретическими положениями или справочными данными, обобщить результаты исследований в виде выводов по работе, подготовить ответы на вопросы, приводимые в методических указаниях к выполнению лабораторных работ.

### 5.1 План лабораторных работ

#### *Качественный анализ*

№	Тема	Кол-во часов	Задания
---	------	--------------	---------

1	ЛБ. Аналитические реакции катионов I аналитической группы КЗ. Анализ смеси катионов I аналитической группы	4	Осн-ая: [3] стр. 324-326 [3] стр. 345-353 [3] гл. 1,2 [1] №13, 14, 21, 24, 28
2	ЛБ. Аналитические реакции катионов II аналитической группы КЗ. Анализ смеси катионов II аналитической группы	4	Осн-ая: [3] стр. 326-328 [3] стр. 353-372 [1] № 62, 63, 66, 67,71
3	ЛБ. Аналитические реакции катионов III аналитической группы КЗ. Анализ смеси катионов III аналитической группы	4	Осн-ая: [3] стр. 327-328 [3] стр. 362-372 [3] гл. 3 [1] № 85,103,122,126,135
4	КЗ. Анализ смеси катионов I, II и III аналитических групп	4	Доп-ая: [3] стр. 129-133 [3] гл.4
5	Решение задач. «Закон действия масс и гомогенные процессы»	4	Осн-ая: [1] № 147,156,161,168,173
6	ЛБ. Аналитические реакции катионов IV аналитической группы ЛБ. Аналитические реакции катионов V аналитической группы	4	Осн-ая: [3] стр. 372-402 [3] гл.5 §5.4, гл.6 [1] №202,204,208,213 181,186,194,195,200
7	ЛБ. Реакции и ход анализа катионов VI аналитической группы КЗ. Анализ смеси катионов IV, VI и V аналитических групп	4	Осн-ая: [3] стр. 402-420 [3] гл. 7 [1] №214,215,219,232
8	КЗ. Анализ смеси катионов всех шести аналитических групп	4	Осн-ая: [3] стр. 420-424
9	Решение задач. «Закон действия масс и гетерогенные равновесия»	4	Осн-ая: [1] № 145,164,171, 179,163
10	ЛБ. Аналитические реакции анионов I, II и III аналитических групп	2	Осн-ая: [3] стр. 228-232 [3] гл.9
	Итого	38	

### **Аналитические реакции катионов первой аналитической группы по кислотно-основной классификации. Анализ смеси катионов первой аналитической группы**

Рекомендуемый план занятия:

1. Правила ТБ. Знакомство с оборудованием. Техника выполнения реакций.
2. Аналитические реакции катионов первой аналитической группы (кислотно-основная классификация катионов).
3. Анализ смеси катионов первой аналитической группы.

#### **1. Правила ТБ. Знакомство с оборудованием. Техника выполнения реакций**

##### **Правила техники безопасности**

1. Студент допускается к работе в лаборатории только после инструктажа по технике безопасности, что подтверждается росписью студента и лица, проводившего инструктаж, в специальном журнале.

2. Все студенты, прошедшие инструктаж, должны строго придерживаться правил техники безопасности. За несоблюдение правил установлена ответственность в административном или судебном порядке.
3. Работа студента в лаборатории разрешается в часы, отведенные по расписанию, а также в дополнительное время, согласованное с преподавателем, под наблюдением преподавателя или лаборанта.
4. Запрещается принимать пищу в лаборатории, пробовать на вкус химические вещества, оставлять какие-либо реактивы в посуде без соответствующей надписи.
5. Все растворы, не подлежащие сливу в канализацию (органические растворители, соли ртути и серебра, легковоспламеняющиеся жидкости, концентрированные кислоты и щелочи и т. д.), следует выливать в особые банки для слива, получив указание лаборанта.
6. Концентрированные кислоты и щелочи, сильнодействующие реактивы (бром и др.) надо хранить в вытяжном шкафу под тягой на подносе и не выносить их оттуда.
7. При всех работах с едкими веществами (кислоты, щелочи и др.) необходимо соблюдать максимальную осторожность, имея в виду, что несчастные случаи всегда происходят в результате неосведомленности, невнимательности или небрежности работающего.
8. Беря вещество для опыта, следует внимательно прочитать этикетку и проверить содержимое по качественным признакам (цвет, запах, консистенция и др.).
9. При попадании едкого вещества на стол или на пол следует это место сразу же засыпать песком, затем песок собрать и вынести из помещения. Облитое кислотой место промыть раствором соды.
10. Реакции, которые могут сопровождаться сильным разогревом (растворение кислот, щелочей), следует проводить только в посуде из химического стекла, а не в толстостенной посуде. При этом реакционный сосуд помещают в кристаллизатор.
11. Засасывать едкие жидкости в пипетку необходимо только с помощью груши или пневмонасоса, а не ртом.
12. Нагревать растворы на плитке следует только в посуде из химического стекла без пробки. При этом посуда должна быть сухой снаружи. Брать нагретые предметы необходимо с помощью полотенца или специальных напальчников.

#### ***Знакомство с посудой и оборудованием лаборатории***

**Посуда.** Для работы полумикрометодом обычно применяют переносной штатив с набором реактивов. Он имеет пять полок с гнездами для капельниц. В нижней части его имеется выдвижной ящик для хранения тиглей, фильтров, индикаторной бумаги и других необходимых предметов. Для работы также необходимо иметь штатив для пробирок, металлический штатив с кольцами и асбестированные сетки, тигельные щипцы, центрифугу, пинцет, держатели для пробирок.

Пробирки применяют двух типов: конические – центрифужные – на 3-5 мл и химические – на 3-5 мл.

Капельные, или капиллярные, пипетки применяют для взятия проб, отделения раствора от осадка после центрифугирования, промывания осадков и т.д.

Стаканы химические на 10-15 мл используют при необходимости проводить работу со сравнительно большими объемами.

Для выполнения цветных реакций, сопровождающихся характерной окраской осадка или раствора, можно использовать часовые стекла диаметром 4-5 см и с возможно большей выпуклостью.

Плоские предметные стекла служат для микрокристаллоскопических реакций. Размер стекла 15×75 мм. Рекомендуется пользоваться тонкими предметными стеклами, так как при проведении реакций часто приходится прибегать к нагреванию.

Фарфоровые чашки вместимостью 5-10 мл служат для выпаривания или нагревания растворов. Фарфоровые тигли применяют для сплавления нерастворимых веществ. Ступки фарфоровые или агатовые применяют для измельчения проб.

Для полумикроанализа применяют промывалки, но вместимость колбы желательно иметь небольшую – 100-150 мл.

Стеклянные палочки должны быть диаметром 1-1,5 мм, длиной 80-100 мм, одна из палочек должна иметь резиновый наконечник.

**Очистка химической посуды.** Вся стеклянная и фарфоровая посуда должна быть тщательно вымыта. Часто присутствие даже очень малых количеств загрязнений искажает результат реакции, что создает неуверенность у работающего или ведет к ошибочным заключениям. Посуду сначала промывают с помощью ерша содовым раствором, после чего ополаскивают несколько раз водопроводной водой и, наконец, дистиллированной водой из индивидуальной промывалки. В том случае, когда механическое действие не дает положительного результата, пробирки обрабатывают моющими жидкостями: хромовой смесью (раствор дихромата калия  $K_2Cr_2O_7$  в серной кислоте ( $\rho=1,84$ )) или теплым щелочным раствором перманганата калия  $KMnO_4$ , или теплым мыльным раствором. (**Осторожно! Хромовая смесь может причинить ожог!**) После обработки какой-либо моющей жидкостью посуду промывают (не менее 5 раз) водопроводной водой, а затем 2-3 раза ополаскивают дистиллированной водой. Для полного удаления жидкости пробирку или колбу следует несколько раз осторожно встряхнуть над раковиной или слегка ударить пальцем, держа пробирку вверх дном.

Стаканы, часовые стекла, стеклянные палочки и фарфоровые чашки также моют водопроводной водой, удалив приставшие частицы ершом, затем дистиллированной водой. Вымытые стаканы ставят вверх дном на фильтровальную бумагу или полотенце. Чистые и сухие стеклянные палочки хранят в пробирке или стакане.

Пипетки моют, предварительно сняв с них резиновые колпачки. Сначала их подставляют под струю водопроводной воды, а затем удаляют приставшие зерна осадка фильтровальной бумагой, свернутой в жгутик. Очищенные пипетки ополаскивают водопроводной и дистиллированной водой.

Резиновые колпачки промывают дистиллированной водой и, надев их на пипетки, удаляют из носиков пипеток оставшуюся жидкость.

#### ***Техника выполнения лабораторных работ***

**Реакции в пробирке.** Исследуемый раствор (2-3 капли) вносят в пробирку так, чтобы кончик капельной пробирки не коснулся стенок пробирки. Соблюдая условия проведения реакции, прибавляют 2-3 капли раствора реагента. Наблюдают внешний эффект реакции.

**Микрокристаллоскопическая реакция.** Каплю исследуемого раствора помещают на чистое и сухое предметное стекло, рядом помещают каплю реагента и соединяют их стеклянной палочкой. Капля должна быть небольшой ( $d=5-10$  мм). Под микроскопом наблюдают форму кристаллов. Наблюдение начинают через некоторое время после внесения реагента. В различных точках капли условия роста кристаллов различны. По периферии, где в большой степени испаряется растворитель, кристаллы образуются в первую очередь. В центре капли, где испарение не имеет большого значения, кристаллы появляются позже.

**Капельные реакции.** Каплю реагента наносят на полоску фильтровальной бумаги капилляром (конец должен быть ровным). Для этого концом капилляра слегка прикасаются к бумаге. Пятно должно быть круглой формы ( $d=2-3$  мм). В центр полученного пятна аналогичным образом наносят каплю исследуемого раствора.

**Реакции методом растирания.** Небольшое количество исследуемого вещества растирают на фарфоровой пластинке или в ступке с примерно равным количеством твердого реагента. Если в исследуемом веществе присутствуют ионы обнаруживаемого элемента, растертая смесь приобретает характерную окраску продукта взаимодействия этих ионов с реагентом.

**Нагревание и выпаривание.** При проведении многих реакций требуется нагревание. Нагревать растворы в пробирках на открытом пламени горелки нельзя. Поэтому пробирки с раствором нагревают в водяной бане, т.е. в сосуде, заполненном кипящей дистиллированной водой. Если необходимо нагреть большой объем раствора в стакане или колбе, нагревание ведут на газовой горелке, поставив стакан или колбу на асбестированную сетку.

Выпаривание растворов для их концентрирования или упаривания досуха проводят в фарфоровых чашках или тиглях. Рекомендуется выполнять эту операцию на песочных банях под тягой. Растворение сухого остатка следует проводить после охлаждения чашки или тигля, иначе произойдет разбрызгивание.

**Осаждение.** Для получения осадка к нескольким каплям исследуемого раствора, обычно в центрифужной пробирке, прибавляют пипеткой указанное число капель реагента, предварительно создав нужные условия. После сливания исследуемого раствора и реагента содержимое пробирки необходимо тщательно перемешать и, если нужно, нагреть на водяной бане.

При разделении ионов необходимо проверить полноту осаждения. Для проверки полноты осаждения после центрифугирования выделившегося осадка к прозрачному раствору прибавляют каплю реагента. Если раствор остается прозрачным, осаждение полное. В противном случае операцию осаждения повторяют.

**Отделение раствора от осадка.** Осадок от раствора чаще всего отделяют центрифугированием с помощью электрических центрифуг.

При пользовании центрифугой необходимо соблюдать следующие правила. Для центрифугирования следует использовать конические пробирки, по возможности одинаковые по размеру и форме. Жидкость в пробирку наливать надо так, чтобы уровень ее был на 6 – 8 мм ниже края во избежание попадания жидкости в гильзу центрифуги. Для сохранения баланса каждая пробирка, содержащая пробу, должна быть уравновешена другой пробиркой, содержащей приблизительно равный объем воды. Предохранительную крышку центрифуги нельзя поднимать до ее полной остановки.

При центрифугировании осадки собираются в коническом конце пробирки. Прозрачный раствор сливают с осадка или отбирают пипеткой.

Фильтрование через бумажный фильтр. Кусочек фильтровальной бумаги складывают вчетверо, обрезают ножницами по круговой линии с учетом размера воронки, один слой отделяют от трех других и полученный конус вкладывают в стеклянную воронку. Фильтр обрезают с таким расчетом, чтобы он не доходил до краев воронки на 2 – 3 мм. Вложенный в воронку фильтр смачивают дистиллированной водой и начинают фильтровать.

**Промывание и растворение осадка.** Отделенный от жидкости осадок содержит имевшиеся в растворе компоненты. Для достижения полного разделения осадок необходимо промыть. Обычно применяют дистиллированную воду. При отделении осадка центрифугированием жидкость (центрифугат) отделяют пипеткой и к осадку добавляют 1 – 1,5 мл дистиллированной воды (или специальной промывной жидкости), тщательно перемешивают стеклянной палочкой, помещают пробирку в водяную баню. После нагревания в течение 1 мин. полученную смесь снова центрифугируют. Осадок на фильтре промывают дистиллированной водой из промывалки или из пробирки.

Растворение осадка производят или в пробирке, или на фильтре, добавляя по каплям растворитель (растворы кислот, щелочей или солей) и помешивая стеклянной палочкой (если осадок находится в пробирке).

#### ***Организация рабочего места***

Правильная организация рабочего места – залог продуктивной работы химика-аналитика, от которой зависит точность и надежность выполняемых анализов.

Основное рабочее место химика-аналитика – лабораторный стол. На лабораторном столе необходимо постоянно соблюдать порядок и чистоту. Нужно стремиться к тому, чтобы прибор, посуда, индикаторы всегда находились на обычном месте. Старайтесь сразу

же протереть загрязненный участок стола, вымыть использованную посуду. Для этого не обязательно ждать окончания работы.

Чистота химических реагентов – залог правильного анализа. Нельзя менять пробки-пипетки у склянок с реагентами или выливать (высыпать) неиспользованные вещества в общую посуду, в которой они хранились. Для каждого реагента должна быть отдельная пипетка или шпатель. При внесении вещества в пробирку или стакан нужно стараться, чтобы пипетка или шпатель не прикасались к их стенкам.

## **2. Аналитические реакции катионов первой аналитической группы по кислотно-основной классификации**

**Цель.** Познакомиться с качественными реакциями катионов первой аналитической группы.

Первую аналитическую группу составляют катионы щелочных металлов и аммония:  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Li^+$ ,  $NH_4^+$ . Общим аналитическим признаком этой группы является отсутствие группового реактива.

Литий, натрий и калий входят в первую группу периодической системы химических элементов Д. И. Менделеева и обладают ярко выраженными металлическими свойствами. Их ионы имеют законченные восьмиэлектронные оболочки. Гидроксиды лития, калия и натрия – сильные щелочи, которые в водных растворах полностью ионизированы. Соли лития, калия и натрия, образованные слабыми кислотами, подвергаются гидролизу, и растворы их имеют  $pH > 7$ . Соли же их, образованные сильными кислотами, не подвергаются гидролизу, и растворы их имеют нейтральную реакцию.

Раствор аммиака в воде (гидроксид аммония) – слабое основание. Соли, образованные им и сильными кислотами, подвергаются гидролизу, и растворы их имеют  $pH < 7$ . В отличие от солей лития, калия и натрия соли аммония разлагаются при нагревании, а поэтому могут быть удалены прокаливанием. Это свойство солей аммония используется для удаления катионов  $NH_4^+$ .

Большинство солей катионов первой аналитической группы хорошо растворимы в воде, за исключением малорастворимых солей, образованных крупными анионами ( $KHC_4H_4O_6$ ,  $NaK_2[Co(NO_2)_6]$ ,  $NaH_2SbO_4$ ) и солей лития.

Катионы первой группы не проявляют способности к комплексообразованию, могут только входить во внешнюю сферу комплексных соединений. Характерными реакциями этих ионов являются реакции обмена.

Для катионов лития, калия и натрия характерны реакции окрашивания пламени.

**Задание:** Оформить работу «Аналитические реакции катионов первой аналитической группы по кислотно-основной классификации» (Основная литература: [3] стр. 344-353).

### **Правила оформления лабораторного журнала**

Каждый студент должен вести лабораторный журнал. Все записи должны быть четкими и аккуратными. В журнале записывают схему проведения анализа, результаты работы и уравнения химических реакций. Ниже приводятся примерные формы записи проделанных работ по качественному анализу.

#### **Лабораторная работа № Частные реакции на...**

Реагент	Уравнение реакции	Наблюдения

## **3. Анализ смеси катионов первой аналитической группы**

**Цель.** Изучить схему и методику анализа смеси катионов первой аналитической группы.

Катионы первой аналитической группы не имеют группового реагента.

Катионы лития и аммония мешают открытию катионов калия и натрия и поэтому **в отдельных пробах** анализируемого раствора открывают катионы лития и аммония, после чего эти катионы удаляют, а в остатке открывают катионы натрия и калия.

**Обнаружение катионов лития.** Катионы лития открывают реакцией с раствором двузамещенного ортофосфата натрия  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  и нейтральной или слабо нейтральной среде – образуется белый осадок ортофосфата лития  $\text{Li}_3\text{PO}_4$ .

**Обнаружение катионов аммония.** Катионы аммония открывают по выделению аммиака после прибавления к раствору щелочи и нагревании этого раствора.

**Удаление катионов лития и аммония.** Если катионы лития и аммония открыты в анализируемом растворе, то их удаляют.

**Отделение катионов лития.** Отбирают небольшую порция анализируемого раствора добавляют аммиак, этанол, двузамещенный ортофосфат натрия и отделяют образовавшийся осадок ортофосфата лития центрифугированием. Проверяют полноту отделения катионов лития.

**Удаления катионов аммония.** Катионы аммония можно удалить из раствора, полученного после отделения катионов лития, различными способами: термическим разложением, кипячением раствора с щелочами, связыванием в растворе в гексаметиленetetрамин (уротропин) при реакции с формальдегидом.

**Обнаружение катионов калия и натрия.** Катионы калия и натрия открывают с помощью реактивов на эти катионы.

**Задание:** Оформить работу «Анализ смеси катионов первой аналитической группы» (Основная литература: [3] стр. 324-336).

### **Контрольная задача на анализ смеси катионов...**

№ п/п	Исследуемое вещество	Реагент	Наблюдения	Вывод	Состав осадка	Состав ра-ра

#### **Вопросы для самоконтроля.**

1. Почему открытие катионов калия гидротартратом натрия  $\text{NaHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$  должно проводиться в нейтральной среде? Напишите уравнение реакции.
2. Почему осаждение катиона  $\text{Na}^+$  в виде дигидроантитимоната  $\text{NaH}_2\text{SbO}_4$  должно проводиться в нейтральной, а не в кислой или щелочной среде?
3. Почему перед открытием катиона  $\text{K}^+$  необходимо удалить катион  $\text{NH}_4^+$ ?
4. Почему на катионы первой аналитической группы нет группового реагента?

#### **Аналитические реакции катионов второй аналитической группы.**

##### **Анализ смеси катионов второй аналитической группы.**

Рекомендуемый план занятия:

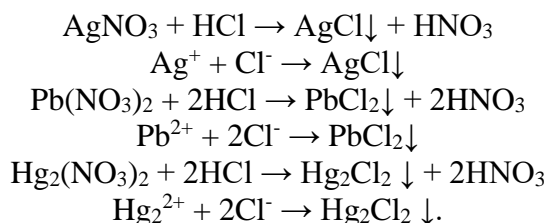
1. Аналитические реакции катионов второй аналитической группы по кислотно-основной классификации.
2. Анализ смеси катионов второй аналитической группы.
3. Аналитические реакции катионов третьей аналитической группы по кислотно-основной классификации.
4. Анализ смеси катионов третьей аналитической группы.

#### **1. Аналитические реакции катионов второй аналитической группы по кислотно-основной классификации**

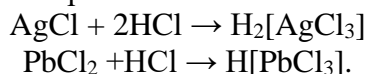
**Цель.** Познакомиться с качественными реакциями катионов второй аналитической группы.

Ко второй группе относятся катионы  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Pb}^{2+}$  и  $[\text{Hg}_2]^{2+}$ . Эти элементы находятся в разных группах периодической системы Д. И. Менделеева. Они имеют либо законченные 18-электронные внешние слои, либо оболочки, содержащие  $18 + 2$  электронов в двух наружных слоях, что обуславливает одинаковое отношение их к галогенид-ионам. Групповой реагент – соляная кислота.

Катионы  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $[\text{Hg}_2]^{2+}$  при взаимодействии с ней образуют труднорастворимые в воде и в разбавленных кислотах осадки:



Следует избегать избытка и использования концентрированной соляной кислоты, так как могут образовываться растворимые комплексные соединения:



Растворимость хлоридов различна.

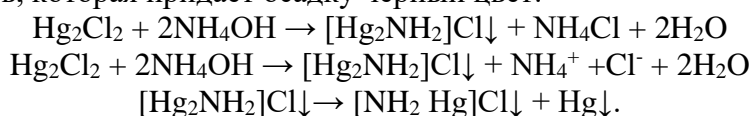
Таблица 1

### Растворимость хлоридов при 20°C

Хлориды	Растворимость (в г/л)
Хлорид свинца	11,0
Хлорид серебра	$1,8 \cdot 10^{-3}$
Хлорид ртути	$2,0 \cdot 10^{-4}$

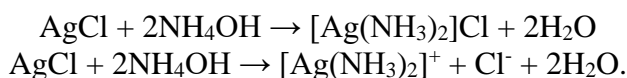
При температуре воды 100°C растворимость хлорида свинца увеличивается в три раза, в то время как растворимость хлорида серебра и хлорида ртути практически остается прежней. Это свойство используется для отделения катиона свинца от катионов ртути(I) и серебра.

Хлорид ртути при взаимодействии с раствором аммиака образует хлорид димеркураммония, который неустойчив и разлагается на малорастворимый меркураммоний и металлическую ртуть, которая придает осадку черный цвет:



Это позволяет отделить катион  $[\text{Hg}_2]^{2+}$  от катиона  $\text{Ag}^+$ .

Хлорид серебра хорошо растворим под действием аммиака с образованием комплексной соли:



**Задание:** Оформить работу «Аналитические реакции катионов второй аналитической группы по кислотно-основной классификации» (Основная литература: [3] стр. 353-362).

#### 2. Анализ смеси катионов второй аналитической группы.

**Цель.** Изучить схему и методику анализа смеси катионов второй аналитической группы.

Практически нет ни одного реактива, которым можно было бы открывать тот или иной катион второй группы в присутствии других катионов. Поэтому необходимо применить систематический ход анализа, т. е. последовательно выделить каждый катион из этой смеси и затем открывать их.

К анализируемому раствору прибавляют двойной объем группового реагента и  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  (для полноты осаждения хлорида свинца). Полученную смесь отфильтровывают. Осадок промывают 2-3 раза раствором  $\text{HCl}$ , а затем обрабатывают несколькими каплями кипящей воды. Промывную жидкость исследуют на присутствие  $\text{Pb}^{2+}$  реакцией с  $\text{KI}$  или с  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ . Если ионы  $\text{Pb}^{2+}$  обнаружили, то осадок обрабатывают кипящей водой до полного удаления  $\text{PbCl}_2$  (до прекращения образования желтого осадка при действии  $\text{KI}$  или  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  на промывные воды). Осадок на фильтре после удаления  $\text{PbCl}_2$  обрабатывают концентрированным раствором  $\text{NH}_3$ . Для разрушения комплекса к фильтрату по каплям прибавляют концентрированную  $\text{HNO}_3$  до кислой реакции. Выпадение белого осадка или образование мути свидетельствует о присутствии в анализируемом растворе ионов  $\text{Ag}^+$ .

**Задание:** Оформить работу «Анализ смеси катионов второй аналитической группы» (Основная литература: [3] стр. 326).

### **3. Аналитические реакции катионов третьей аналитической группы по кислотно-основной классификации.**

**Цель.** Познакомиться с качественными реакциями катионов третьей аналитической группы.

К третьей группе относятся катионы металлов бария, стронция, кальция. Эти элементы входят во вторую группу периодической системы Д.И. Менделеева. Они имеют законченные 8-электронные внешние слои. Химическая активность их возрастает от кальция к барию. В этом же направлении изменяются и другие свойства, например растворимость солей, основные свойства гидроксидов и др. Ионы этих элементов в водных растворах бесцветны.

Ион  $\text{SO}_4^{2-}$  с катионами  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$  и  $\text{Pb}^{2+}$  образует осадки, а с катионами других аналитических групп (в пределах определенных концентраций) осадка не дает. Разбавленная серная кислота – групповой реагент.

Соли, образованные сильными кислотами, практически не подвергаются гидролизу.

Поскольку произведение растворимости  $\text{CaSO}_4$  равно  $9,1 \cdot 10^{-6}$ , то осаждение ионов  $\text{Ca}^{2+}$  разбавленной серной кислотой происходит не полностью. Чтобы не «потерять» катион  $\text{Ca}^{2+}$  при анализе, необходимо проводить проверочные реакции на катион  $\text{Ca}^{2+}$  после осаждения катионов третьей группы групповым реагентом или вести осаждение катионов этой группы смесью серной кислоты с этанолом. С повышением температуры растворимость солей  $\text{BaSO}_4$ ,  $\text{SrSO}_4$ ,  $\text{CaSO}_4$  изменяется мало, более полное осаждение происходит при стоянии в течение 20 минут.

Карбонат натрия и другие растворимые соли угольной кислоты дают с катионами  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Sr}^{2+}$  белые осадки, растворимые в кислотах ( $\text{HCl}$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ).

Для катионов бария, кальция и стронция характерны реакции окрашивания пламени.

**Задание:** Оформить работу «Аналитические реакции катионов третьей аналитической группы по кислотно-основной классификации» (Основная литература: [3] стр. 362-371).

### **4. Анализ смеси катионов третьей аналитической группы.**

**Цель.** Изучить схему и методику анализа смеси катионов третьей аналитической группы.

Ввиду того, что дихромат калия дает осадок только с катионом бария, то обычно катионы бария отделяют от катионов кальция и стронция этим реагентом. При этом катионы бария переходят в осадок, а катионы кальция и стронция остаются в растворе. Осадок отфильтровывают и проверяют полноту осаждения.

К части фильтрата добавляют гипсовую воду и нагревают на водяной бане, если выпадет белый осадок, то в растворе находятся катионы стронция.

Если в растворе есть катионы стронция, то к фильтрату, который не содержит гипсовой воды, добавляют раствор карбоната натрия и отделяют осадок карбонатов стронция и кальция. Промывают осадок дистиллированной водой и растворяют в уксусной кислоте. К раствору добавляют сульфат аммония. Катион стронция дает осадок, а катион кальция, в значительной степени, остается в растворе. Осадок отфильтровывают. В фильтрате открывают катион кальция действием оксалата аммония или добавлением спирта или ацетона.

**Задание:** Оформить работу «Анализ смеси катионов третьей аналитической группы» (Основная литература: [3] стр. 327 – 328).

#### **Вопросы для самоконтроля.**

- 1) При действии группового реактива на катионы второй группы получают осадки – хлориды соответствующих катионов. Какова растворимость хлоридов в воде и как это используется в анализе?
- 2) Какова роль азотной кислоты при открытии катионов серебра?
- 3) Какие происходят явления, если смесь солей  $\text{AgCl}$ ,  $\text{AgBr}$ ,  $\text{AgI}$  обработать водным раствором аммиака?

- 4) Какие продукты реакции образуются при взаимодействии хлорида ртути (I) с раствором аммиака? Укажите их химические формулы.
- 5) Какие химические соединения получаются при взаимодействии хлорида серебра с избытком раствора аммиака? Напишите их химические формулы.
- 6) Как можно растворить осадок сульфата бария?
- 7) Какой осадок выпадает первым, если к исследуемому раствору, содержащему катионы бария, стронция и кальция в равных концентрациях, постепенно приливать раствор серной кислоты?
- 8) Соли, каких катионов окрашивают пламя газовой горелки в желто-зеленый цвет?
- 9) Какая реакция открытия катиона кальция является селективной?
- 10) Как проводится открытие катиона бария в присутствии катионов стронция и кальция?
- 11) Как можно объяснить аналитический эффект выпадения осадка при добавлении ацетона к гипсовой воде?

### **Анализ смеси катионов первой, второй и третьей аналитических групп.**

Рекомендуемый план занятия:

1. Анализ смеси катионов первой, второй и третьей аналитических групп.
2. Решение задач по теме: «Закон действия масс как теоретическая основа качественного анализа».

#### **1. Анализ смеси катионов первой, второй и третьей аналитических групп.**

**Цель.** Изучить схему и методику анализа смеси катионов первой, второй и третьей аналитических групп.

Исследуемый раствор, содержащий смесь катионов трех аналитических групп, может быть с осадком и без осадка. Поэтому различают два случая: раствор с осадком и раствор без осадка.

#### **Раствор без осадка**

В отдельной пробе открывают катионы аммония нагреванием с раствором аммиака.

Анализируемую смесь делят на 2 части. Первую часть используют для контрольных определений. К другой части раствора добавляют соляную кислоту. Осадок фильтруют и промывают дистиллированной водой подкисленной соляной кислотой.

Осадок (1) хлоридов анализируют как при анализе катионов 2 аналитической группы.

Фильтрат (1) содержит катионы 1 и 3 аналитических групп и некоторое количество свинца. К фильтрату добавляют сульфат аммония и нагревают на водяной бане, дают отстояться и фильтруют.

Осадок (2) обрабатывают 30% раствором ацетата аммония при нагревании для полного удаления сульфата свинца. После этого осадок (3) сульфатов стронция, бария и кальция промывают дистиллированной водой 2 раза, переносят в фарфоровый тигель и, добавив карбоната калия (насыщенный раствор) кипятят 5 минут. После охлаждения добавляют дистиллированной воды, дают отстояться и жидкость сливают. Затем снова добавляют карбоната калия и кипятят. Жидкость сливают, а осадок (4) промывают водой, а затем растворяют в уксусной кислоте.

Катионы бария, стронция и кальция открывают по схеме анализа смеси катионов 3 группы.

Возвращаемся к фильтрату (2). В нем открывают катионы калия и натрия частными реакциями, если нет катионов аммония. Если есть в растворе катионы аммония, то их прежде удаляют.

#### **Раствор с осадком**

Раствор взбалтывают и делят на две части. Первую используют для анализа, а вторую оставляют для проверочных определений.

Осаждают катионы 2 группы и исследуют осадок. Для этого добавляют раствор соляной кислоты. Осадок отфильтровывают и промывают водой подкисленной соляной кислотой.

Фильтрат (1) анализируют аналогично как и фильтрат (1) схема анализа смеси катионов первой, второй и третьей аналитических групп раствор без осадка.

Осадок (1) промывают горячей водой. В фильтрате (2) открывают катион свинца.

К осадку (2) добавляют 25% раствор гидроксида аммония, при этом в фильтрат переходит катион серебра. Если осадок чернеет, то значит, в растворе присутствует катион ртути (I).

В фильтрате (3) открывают катион серебра.

Если обнаружен катион серебра, то его необходимо полностью удалить. Для этого осадок 2 – 3 раза обрабатывают концентрированным аммиаком. Затем промывают 30% раствором ацетата аммония.

В фильтрате (4) после ацетата аммония открывают катион свинца.

Осадок (4) анализируют, как указано по схеме раствор без осадка (осадок 3).

**Задание:** Оформить работу «Анализ смеси катионов первой, второй и третьей аналитических групп» (Дополнительная литература: [5] стр. 327 – 328).

**Вопросы для самоконтроля.**

- 1) Как отделить катионы 2 группы от катионов 1 и 3 аналитических групп?
- 2) Действием, какого реагента можно отделить катионы 3 аналитической группы от катионов первой группы?

## **2. Решение задач по теме: «Закон действия масс как теоретическая основа качественного анализа»**

**Цель.** Изучить методику расчетов на основе закона действующих масс.

### **Примеры решения типовых задач**

**Пример 1.** Вычислить открываемый минимум ионов  $\text{Ni}^{2+}$ , если предельное разбавление ионов  $\text{Ni}^{2+}$  в растворе равно 400000 мл/г, минимальный объем раствора, необходимый для открытия никеля капельной реакцией с диметилглиоксимом, равен 0,02 мл.

Решение:

$$m = \frac{V_{\min} \cdot 10^6}{V_{\text{lim}}} = \frac{0,02 \cdot 10^6}{400000} = 0,5 \cdot 10^{-1} \text{ (мкг)}, \text{ или } 0,05 \text{ мкг.}$$

**Пример 2.** Вычислить допустимую нормальную концентрацию ионов  $\text{Cr}^{3+}$  при открытии ионов  $\text{Mn}^{2+}$  персульфатом аммония  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$  в присутствии нитрата серебра  $\text{AgNO}_3$  в качестве катализатора, если предельное отношение ионов  $\text{Mn}^{2+}$  к ионам  $\text{Cr}^{3+}$  равно 1 : 40. Открываемый минимум  $\text{Mn}^{2+}$  составляет 0,5 мкг, для реакции требуется 0,05 мл исследуемого раствора.

Решение:

1. Найдем содержание хрома в 0,05 мл исследуемого раствора:

$$m(\text{Mn}^{2+}) \cdot \text{предельное отношение} = 0,5 \cdot 40 = 20 \text{ (мкг).}$$

2. Найдем содержание хрома в 1 л исследуемого раствора:

$$\begin{aligned} &\text{в } 0,05 \text{ мл раствора содержится } 20 \text{ мкг } \text{Cr}^{3+} \\ &\text{в } 1000 \text{ мл} \ll \ll x \text{ мкг } \text{Cr}^{3+}. \end{aligned}$$

Откуда

$$x = \frac{20 \cdot 1000}{0,05} = 400000 \text{ (мкг)}, \text{ или } 0,4 \text{ г.}$$

3. Вычислим нормальность исследуемого раствора по содержанию в нем хрома:

$$\begin{aligned} &\text{в } 1 \text{ л } 1 \text{ н раствора содержится } 17,336 \text{ г } \text{Cr}^{3+} \\ &\text{в } 1 \text{ лх н} \ll \ll 0,4 \text{ г } \text{Cr}^{3+} \end{aligned}$$

$$x = \frac{0,4 \cdot 1}{17,336} = 0,023 \text{ (моль/л).}$$

**Пример 3.** Вычислить ионную силу и активность ионов в растворе, содержащем 0,01 моль/л  $MgSO_4$  и 0,01 моль/л  $MgCl_2$ .

Решение:

Ионная сила раствора равна:

$$I = 0,5(C_1 \cdot z_1^2 + C_2 \cdot z_2^2 + \dots + C_i \cdot z_i^2).$$

$$I = 0,5(C_{Mg^{2+}} \cdot 2^2 + C_{SO_4^{2-}} \cdot 2^2 + C_{Cl^-} \cdot 1^2) = 0,5(0,02 \cdot 4 + 0,01 \cdot 4 + 0,02 \cdot 1) = 0,07.$$

Коэффициент активности иона магния (и равный ему коэффициент активности сульфат – иона) найдем по формуле:  $lgf = -0,5z^2\sqrt{I}$ .

$$lgf = -0,5 \cdot 4 \sqrt{0,07} = -0,53 \quad f = 0,30.$$

Аналогично находим коэффициент активности хлорид –иона:

$$lgf = -0,5 \cdot 1 \sqrt{0,07} = -0,13 \quad f = 0,74.$$

Теперь, пользуясь соотношением  $a = f \cdot C_m$ , находим активность каждого иона:

$$a(Mg^{2+}) = 0,02 \cdot 0,30 = 0,006 \text{ моль/л},$$

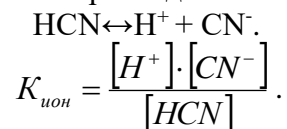
$$a(SO_4^{2-}) = 0,01 \cdot 0,30 = 0,003 \text{ моль/л},$$

$$a(Cl^-) = 0,02 \cdot 0,74 = 0,0148 \text{ моль/л}.$$

**Пример 4.** Вычислить концентрацию ионов  $H^+$  и  $CN^-$  в 0,1 М растворе, если  $K_{HCN} = 7,2 \cdot 10^{-10}$ .

Решение:

1. В водном растворе синильная кислота распадается на ионы:



2. Обозначим концентрацию ионов через  $x$ , тогда  $[H^+] = [CN^-] = x$ , а концентрация неионизированных молекул  $[HCN] = c - x$ :

$$K_{ион} = \frac{x^2}{c - x} = \frac{x^2}{c},$$

так как  $c - x \rightarrow c, x = [H^+] = [CN^-] = \sqrt{K_{HCN} \cdot c} = \sqrt{7,2 \cdot 10^{-10} \cdot 0,1} = 8,5 \cdot 10^{-6}$  моль/л.

**Пример 5.** Вычислить степень ионизации 0,1 М раствора HCN.

Решение:

1. Степень ионизации рассчитаем по формуле:

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_{HCN}}{c}}.$$

2. Подставляем значения:

$$\alpha = \sqrt{\frac{7,2 \cdot 10^{-10}}{0,1}} = \sqrt{7,2 \cdot 10^{-9}} = 8,5 \cdot 10^{-5},$$

или  $8,5 \cdot 10^{-5} \cdot 10^2 = 0,0085\%$ .

**Пример 6.** Степень ионизации 0,1 М раствора гидроксида аммония равна 1,33%. Вычислить концентрацию ионов  $OH^-$  и константу ионизации.

Решение:

1. В водном растворе  $NH_4OH$  распадается на ионы:



2). Степень ионизации  $\alpha$  рассчитываем:

$$\alpha = \frac{c_{\text{ион}}}{c_{\text{общ}}},$$

подставляем числовые значения:

$$1,33 \cdot 10^{-2} = \frac{c_{\text{ион}}}{0,1}.$$

$$[\text{OH}^-] = c_{\text{ион}} = 1,33 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л.}$$

3. Подставляя в выражение  $K_{\text{ион}}$

$$K_{\text{ион}} = \frac{[\text{NH}_4^+] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{NH}_4\text{OH}]}$$

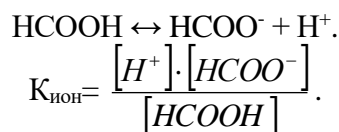
числовые значения, получаем:

$$K_{\text{ион}} = \frac{1,33 \cdot 10^{-3} \cdot 1,33 \cdot 10^{-3}}{0,1} = 1,76 \cdot 10^{-5}.$$

**Пример 7.** Во сколько раз изменится концентрация ионов водорода  $[\text{H}^+]$ , если к 1 л 0,1 н. раствора муравьиной кислоты  $\text{HCOOH}$  добавить 0,1 М раствор формиата натрия  $\text{HCOONa}$  (учитывая, что степень ионизации формиата при таком разбавлении близка к 100%)?

Решение:

1. Определяем концентрацию ионов водорода в 0,1 М растворе муравьиной кислоты до прибавления соли:



Концентрация ионов водорода может быть вычислена по формуле:

$$[\text{H}^+] = \sqrt{K_{\text{HCOOH}} \cdot c} = \sqrt{1,77 \cdot 10^{-4} \cdot 0,1} = \sqrt{1,77 \cdot 10^{-5}} = 4,21 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л.}$$

2. Рассчитываем концентрацию ионов водорода после добавления соли.

Обозначим концентрацию ионов водорода через  $x$ , тогда концентрация формиат-ионов будет равна  $x + 0,1$ , а неионизированных молекул муравьиной кислоты  $0,1 - x$ .

Подставляем значения в формулу  $K_{\text{HCOOH}}$ :

$$K_{\text{HCOOH}} = \frac{x(x+0,1)}{0,1-x} = 1,77 \cdot 10^{-4}.$$

Расчет можно упростить, принимая во внимание, что значение  $x$  по сравнению с 0,1 мало и им можно пренебречь. Тогда получим:

$$\frac{x \cdot 0,1}{0,1} = 1,77 \cdot 10^{-4}; \quad x = 1,77 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л.}$$

3. Рассчитываем, во сколько раз изменилась концентрация ионов  $\text{H}^+$ :

$$\frac{4,21 \cdot 10^{-3}}{1,77 \cdot 10^{-4}} \approx 23,7.$$

**Задание:** Решить задачи. (Основная литература: [2] № 62, 63, 66, 67, 71, 122, 145, 147, 161).

**Аналитические реакции катионов четвертой аналитической группы по кислотно-основной классификации. Аналитические реакции катионов пятой аналитической группы по кислотно-основной классификации.**

Рекомендуемый план занятия:

1. Аналитические реакции катионов четвертой аналитической группы по кислотно-основной классификации.
2. Аналитические реакции катионов пятой аналитической группы по кислотно-основной классификации.

**1. Аналитические реакции катионов четвертой аналитической группы по кислотно-основной классификации.**

**Цель.** Познакомиться с качественными реакциями катионов четвертой аналитической группы.

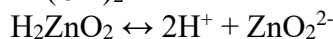
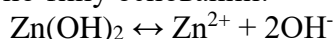
К четвертой аналитической группе катионов относятся катионы  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Sn}^{2+}$ ,  $\text{Sn}^{4+}$ .

Катионы алюминия имеют законченный 8-электронный внешний слой. Хром является переходным элементом. Он находится в первой половине четвертого периода, в конце четного ряда и имеет несколько отличные свойства от всех остальных катионов этой группы. У хрома идет достройка 3d-подуровня. Он обладает выраженной способностью к комплексообразованию. Гидратированный гидроксид хрома по своим свойствам очень близок к гидратированному гидроксиду алюминия.

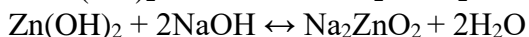
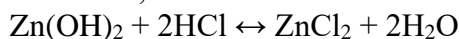
Цинк расположен во второй половине четвертого периода. Ионы цинка имеют законченный 18-электронный внешний слой.

Алюминий и цинк обладают постоянной, а остальные переменной степенью окисления.

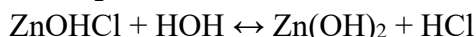
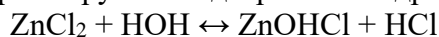
Групповым реагентом на катионы четвертой группы являются гидроксид натрия и гидроксид калия (в избытке). Образующиеся гидроксиды амфотерны, т.е. способны диссоциировать как по типу кислот, так и по типу оснований:



Могут растворяться как в кислотах, так и в основаниях:



Большинство солей четвертой группы подвергается гидролизу:



**Задание:** Оформить работу «Аналитические реакции катионов четвертой аналитической группы по кислотно-основной классификации» (Основная литература: [3] стр. 372-383).

**2. Аналитические реакции катионов пятой аналитической группы по кислотно-основной классификации.**

**Цель.** Познакомиться с качественными реакциями катионов пятой аналитической группы.

К пятой аналитической группе относятся катионы  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Bi}^{3+}$ ,  $\text{Sb}^{3+}$ ,  $\text{Sb}^{5+}$ .

В атомах элементов этой группы, таких как марганец и железо, происходит достройка третьего электронного слоя. Сурьма и висмут имеют законченные 18-электронные оболочки.

Эти элементы, за исключением висмута и магния, имеют переменную степень окисления и обладают тенденцией к комплексообразованию. Гидроксиды катионов пятой аналитической группы, кроме сурьмы, не обладают амфотерностью и не образуют растворимых аминоккомплексов. Они количественно осаждаются гидроксидами калия и натрия, которые являются групповыми реагентами.

**Задание:** Оформить работу «Аналитические реакции катионов четвертой аналитической группы по кислотно-основной классификации» (Основная литература: [3] стр. 384-402).

**Вопросы для самоконтроля.**

- 1) Подберите несколько окислителей, которыми можно окислить катионы  $\text{Cr}^{3+}$  в  $\text{CrO}_4^{2-}$  или  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ .
- 2) В какой среде будет протекать окисление катиона  $\text{Cr}^{3+}$  в  $\text{Cr}^{6+}$  при взаимодействии его с пероксидом водорода и перманганатом калия?
- 3) Сравните  $\text{Zn}(\text{OH})_2$  и  $\text{Al}(\text{OH})_3$ . Какой из этих гидроксидов выпадает в осадок раньше при осторожном добавлении гидроксида натрия к раствору, содержащему одинаковые концентрации катионов?
- 4) Почему добавление хлорида аммония способствует растворению  $\text{Zn}(\text{OH})_2$ ? Приведите уравнения реакций.
- 5) Подберите окислитель, определите среду и составьте уравнение реакции окисления ионов  $\text{Mn}^{2+}$  ионы марганцевой кислоты.
- 6) Какова роль нитрата серебра при окислении катиона  $\text{Mn}^{2+}$  персульфата аммония  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ ?
- 7) Наличие, каких катионов возможно в растворе, если при действии щелочи на реакционную смесь, содержащую катионы 5 аналитической группы, выпадет белый осадок?
- 8) Напишите ионно-молекулярное уравнение реакции обнаружения катиона железа (III) в виде берлинской лазури.
- 9) Напишите ионно-молекулярное уравнение реакции обнаружения катиона железа (II) в виде турнелевой сини.

**Аналитические реакции катионов шестой аналитической группы по кислотно-основной классификации.**

Рекомендуемый план занятия:

1. Аналитические реакции катионов четвертой аналитической группы по кислотно-основной классификации.
2. Решение задач по теме «Закон действия масс и гетерогенные равновесия».

**1. Аналитические реакции катионов шестой аналитической группы по кислотно-основной классификации.**

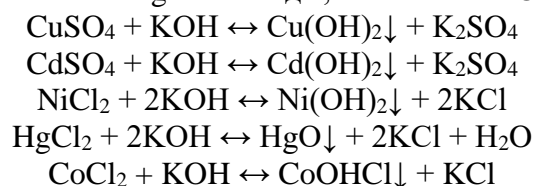
**Цель.** Познакомиться с качественными реакциями катионов шестой аналитической группы по кислотно-основной классификации.

К шестой аналитической группе относятся катионы  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ .

Хотя эти элементы расположены в разных группах периодической системы – медь в первой, кадмий и ртуть во второй, кобальт и никель в восьмой все эти катионы характеризуются способностью к комплексообразованию. Их гидроксиды растворяются в избытке аммиака с образованием аминокомплексов.

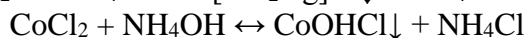
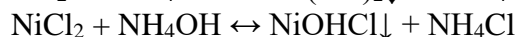
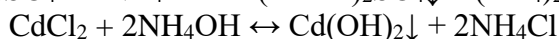
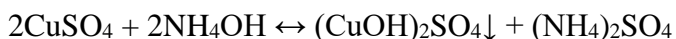
Групповым реагентом на катионы шестой группы является гидроксид аммония в избытке. Растворы солей меди, кобальта и никеля окрашены, кадмия и ртути (II) – бесцветны.

Гидроксиды калия и натрия с растворами катионов  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$  – дают аморфные осадки гидроксидов, с катионами  $\text{Hg}^{2+}$  – оксиды, с катионами  $\text{Co}^{2+}$  – основные соли:

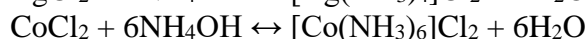
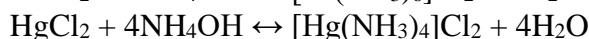
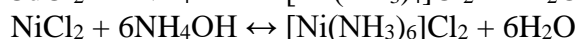


Все эти осадки растворимы в кислотах и в избытке аммиака.

Раствор аммиака (не в избытке) взаимодействует с катионами с образованием различных соединений:



Концентрированный раствор аммиака в избытке дает растворимые комплексные соли:



**Задание:** Оформить работу «Аналитические реакции катионов шестой аналитической группы по кислотно-основной классификации» (Основная литература: [3] стр. 402-418).

## 2. Решение задач по теме «Закон действия масс и гетерогенные равновесия».

**Цель.** Познакомиться с методикой расчета на основе закона действующих масс.

### Примеры решения типовых задач

**Пример 1.** Вычислить произведение растворимости сульфата бария при комнатной температуре.

По справочнику находим растворимость сульфата бария при комнатной температуре. Она равна 0,00245 г/л.

Затем необходимо перейти к молярной растворимости. Для этого найденную величину делим на молекулярную массу электролита

$$[\text{BaSO}_4] = \frac{0,00245}{233} = 1,05 \cdot 10^{-5} \text{ моль / л.}$$

Составляем уравнение диссоциации электролита



Каждая молекула  $\text{BaSO}_4$  дает по иону бария и сульфат-иону. Следовательно

$$[\text{BaSO}_4] = [\text{Ba}^{2+}] = [\text{SO}_4^{2-}] = 1,05 \cdot 10^{-5} \text{ моль/л.}$$

Отсюда, на основе закона действия масс

$$K_s(\text{BaSO}_4) = [\text{Ba}^{2+}] \cdot [\text{SO}_4^{2-}] = 1,05 \cdot 10^{-5} \cdot 1,05 \cdot 10^{-5} = 1,1 \cdot 10^{-10}.$$

**Пример 2.** Вычислить растворимость  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  при комнатной температуре, если его произведение растворимости равно  $6,0 \cdot 10^{-10}$ .

Обозначим искомую растворимость через  $x$ . Составляем уравнение диссоциации электролита



Значит  $x$  молей  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  перейдя в раствор, создадут в нем следующие концентрации ионов

$$[\text{Mg}^{2+}] = x[\text{OH}^-] = 2x$$

$$\text{Отсюда } K_s(\text{Mg}(\text{OH})_2) = [\text{Mg}^{2+}] \cdot [\text{OH}^-]^2 = x \cdot (2x)^2$$

$$K_s(\text{Mg}(\text{OH})_2) = 4x^3$$

$$4x^3 = 6,0 \cdot 10^{-10}$$

$$x = \sqrt[3]{\frac{6,0 \cdot 10^{-10}}{4}}$$

$$x = 5,3 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л.}$$

Перейдем к массовой растворимости. Для этого найденное значение умножим на молекулярную массу.

$$5,3 \cdot 10^{-4} \cdot 58 = 3,1 \cdot 10^{-2} \text{ г/л.}$$

**Пример 3.** Зная произведение растворимости бромата серебра равное  $5,5 \cdot 10^{-5}$  найти растворимость этой соли.

Для вычисления ионной силы раствора вычислим, прежде всего, приближенные значения концентраций ионов по упрощенной формуле

$$K_s(\text{AgBrO}_3) = [\text{Ag}^+] \cdot [\text{BrO}_3^-]$$

$$[\text{Ag}^+] = [\text{BrO}_3^-] = \sqrt{5,5 \cdot 10^{-5}} = 7,4 \cdot 10^{-2}$$

Следовательно  $I = \frac{1}{2} (0,007 \cdot 1^2 + 0,007 \cdot 1^2) = 0,007$

Из таблицы находим  $f_{\text{Ag}^+} = f_{\text{BrO}_3^-} = 0,9$

Теперь более точно найдем растворимость  $\text{AgBrO}_3$ .

Обозначим через  $x$  молярную растворимость получим

$$x \cdot x \cdot 0,9 \cdot 0,9 = 5,5 \cdot 10^{-5}$$

$$x^2 \cdot 0,9^2 = 5,5 \cdot 10^{-5}$$

отсюда

$$x = \frac{\sqrt{5,5 \cdot 10^{-5}}}{0,9}$$

$$x = 8,2 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л.}$$

Перейдем к массовой растворимости

$$8,2 \cdot 10^{-3} \cdot 235 = 1,93 \text{ г/л.}$$

**Пример 4.** Выпадет ли осадок хлорида свинца при смешивании равных объемов 0,1 М растворов нитрата свинца и хлорида натрия.

Составляем уравнение диссоциации электролитов



Так как объем при смешивании растворов увеличивается в 2 раза, значит концентрация уменьшится в 2 раза

$$[\text{Pb}^{2+}] = 0,05 \text{ M} \quad [\text{NO}_3^-] = 2 \cdot 0,05 \text{ M}$$

$$[\text{Na}^+] = [\text{Cl}^-] = 0,05 \text{ M}$$

Рассчитываем ионную силу раствора

$$I = \frac{1}{2} (0,05 \cdot 2^2 + 0,1 \cdot 1^2 + 0,05 \cdot 1^2 + 0,05 \cdot 1^2) = 0,2$$

При ионной силе 0,2  $f_{\text{Pb}^{2+}} = 0,24$ , а  $f_{\text{Cl}^-} = 0,7$

$$[\text{Pb}^{2+}] \cdot [\text{Cl}^-]^2 \cdot f_{\text{Pb}^{2+}} \cdot f_{\text{Cl}^-}^2 = 0,05 \cdot 0,24 \cdot (0,05)^2 \cdot (0,7)^2$$

$$[\text{Pb}^{2+}] \cdot [\text{Cl}^-]^2 \cdot f_{\text{Pb}^{2+}} \cdot f_{\text{Cl}^-}^2 = 1,47 \cdot 10^{-5}$$

$$K_s(\text{PbCl}_2) = 1,6 \cdot 10^{-5}$$

$1,6 \cdot 10^{-5} > 1,47 \cdot 10^{-5}$  значит, при данных условиях  $\text{PbCl}_2$  не будет образовывать твердой фазы.

**Задание:** Решить задачи. (Основная литература: [2] № 181, 202, 214).

**Вопросы для самоконтроля.**

- 1) Какими химическими свойствами обладают гидроксиды шестой аналитической группы катионов?
- 2) Какие катионы шестой аналитической группы присутствуют в растворе, если при действии раствора щелочи на реакционную смесь образовался голубой осадок, чернеющий при нагревании.
- 3) Какие катионы шестой аналитической группы присутствуют в растворе, если при действии раствора аммиака образовался синий осадок, растворимый в избытке аммиака с окрашиванием реакционной смеси в желто-бурый цвет?
- 4) Какой катион присутствует в растворе, если при добавлении к реакционной смеси роданида аммония с изоамиловым спиртом образуется кольцо, окрашенное в ярко-синий цвет?

### Анализ смеси катионов четвертой, пятой и шестой аналитических групп по кислотно-основной классификации.

**Цель.** Изучить схему и методику анализа смеси катионов четвертой, пятой и шестой аналитических групп.

При исследовании смеси катионов четвертой, пятой и шестой аналитических групп целесообразно применять дробный ход анализа, так как каждый из них может быть обнаружен из отдельных проб в присутствии остальных катионов.

Катион  $\text{Fe}^{2+}$  можно открыть раствором гексациано-(III) феррата калия  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  в кислой среде или  $\alpha$ -,  $\alpha'$ -дипиридиллом.

Катион  $\text{Fe}^{3+}$  можно обнаружить действием гексациано-(II) феррата калия  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ .

Катион  $\text{Al}^{3+}$  открывают реакцией с ализарином или при помощи алюминона.

Катион  $\text{Cr}^{3+}$  открывают окислением их до  $\text{H}_2\text{CrO}_6$ .

Катион  $\text{Zn}^{2+}$  открывают при помощи дитизона.

Катион  $\text{Mn}^{2+}$  определяют реакцией окисления до иона  $\text{MnO}_4^-$ .

Катион  $\text{Mg}^{2+}$  удобно открывать при помощи магнезона (I) или магнезона (II), а также микрокристаллоскопической реакцией гидрофосфата натрия  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ .

Определение  $\text{Sb}^{3+}$  и  $\text{Sb}^{5+}$ . К 2-3 каплям раствора прибавьте 10 капель воды, перемешайте и наблюдайте продукты реакции гидролиза. Образование осадка указывает на наличие ионов  $\text{Sb}^{3+}$  и  $\text{Sb}^{5+}$ .

Определение  $\text{Sn}^{2+}$ . В пробирку налейте 4 капли раствора, прибавьте 6-7 капель 2 н раствора гидроксида натрия и отцентрифугируйте осадок, если он получится. 2-3 капли центрифугата поместите в пробирку и добавьте 1-2 капли раствора нитрата висмута. При наличии в растворе катиона  $\text{Sn}^{2+}$  выпадает черный бархатистый осадок висмута.

Определение  $\text{Sn}^{4+}$ . В пробирку добавьте 2 капли концентрированной соляной кислоты и бросьте две стружки металлического магния, нагревайте 3-4 мин на водяной бане. К полученному раствору добавьте 7-8 капель раствора щелочи и отцентрифугируйте осадок. 2-3 капли раствора центрифугата перенесите в пробирку и добавьте 1-2 капли раствора нитрата висмута. Выпадение черного осадка свидетельствует о наличии катионов  $\text{Sn}^{4+}$ .

Определение катионов  $\text{Bi}^{3+}$ . При отсутствии в растворе ионов  $\text{Sb}^{3+}$  и  $\text{Hg}^{2+}$  катион  $\text{Bi}^{3+}$  легко открывается свежеприготовленным раствором хлорида олова в щелочной среде. В присутствии  $\text{Sb}^{3+}$  и  $\text{Hg}^{2+}$  катион  $\text{Bi}^{3+}$  можно обнаружить так: в пробирку поместите 6 капель анализируемого раствора, добавьте 5-7 капель 2 н раствора серной кислоты, бросьте 2-3 кристаллика тиосульфата натрия, нагрейте на кипящей водяной бане 4-5 мин. Осадок обработайте 10 каплями разбавленной азотной кислоты и снова центрифугируйте. В центрифугате определите катион  $\text{Bi}^{3+}$  любой частной реакцией.

Катион  $\text{Co}^{2+}$  легко обнаружить капельным методом на фильтровальной бумаге концентрированным раствором роданида аммония.

Катион  $\text{Ni}^{2+}$  можно обнаружить реакцией Чугаева.

Открытие катиона  $\text{Cd}^{2+}$ . В пробирку налейте 2-3 капли раствора, добавьте 3-4 капли 2 н раствора серной кислоты, добавьте 1-2 кристаллика тиосульфата натрия, подержите 5 мин на кипящей водяной бане и отцентрифугируйте. Затем на полоску фильтровальной бумаги нанесите 2-3 капли центрифугата и держите над склянкой с сероводородной водой. Появление желтого окрашивания говорит о наличии катиона  $\text{Cd}^{2+}$ .

Катион  $\text{Cu}^{2+}$  открывают действием раствора аммиака.

Катион  $\text{Hg}^{2+}$  можно обнаружить реакцией с иодидом калия или хлоридом олова в присутствии анилина.

**Задание:** Оформить работу «Анализ смеси катионов четвертой, пятой и шестой аналитических групп» (Дополнительная литература: [5] стр. 231-233).

#### Вопросы для самоконтроля.

1. Какие из катионов в растворе окрашены?

2. Почему возможен анализ смеси катионов четвертой, пятой и шестой аналитических групп дробным методом?
3. Почему катион  $\text{Bi}^{3+}$  в присутствии  $\text{Sb}^{3+}$  и  $\text{Hg}^{2+}$  нельзя обнаружить свежеприготовленным раствором хлорида олова в щелочной среде.

### Аналитические реакции анионов первой аналитической группы.

**Цель.** Познакомиться с качественными реакциями анионов первой аналитической группы.

#### Аналитические реакции анионов

Как известно из курса неорганической химии, к анионам относятся отрицательно заряженные частицы, состоящие из отдельных атомов или групп атомов различных элементов. Эти частицы могут нести один или несколько отрицательных зарядов. В отличие от катионов, которые в большинстве своем состоят из одного атома, анионы могут иметь сложный состав, состоящий из нескольких атомов.

Общепринятой классификации анионов не существует. Разными авторами предложены различные системы классификации их.

В настоящем руководстве принята наиболее часто применяемая классификация, по которой все анионы делятся на три аналитические группы в зависимости от растворимости их бариевых и серебряных солей.

В данном случае групповыми реагентами являются растворимые соли серебра и бария.

Таблица 3  
Классификация анионов

Группа	Анионы	Групповой реагент	Характеристика группы
1	$\text{SO}_4^{2-}$ , $\text{SO}_3^{2-}$ , $\text{CO}_3^{2-}$ , $\text{PO}_4^{3-}$ , $\text{SiO}_3^{2-}$	Хлорид бария $\text{BaCl}_2$ в нейтральном или слабощелочном растворе	Соли бария практически нерастворимы в воде
2	$\text{Cl}^-$ , $\text{Br}^-$ , $\text{I}^-$ , $\text{S}^{2-}$	Нитрат серебра $\text{AgNO}_3$ в присутствии $\text{HNO}_3$	Соли серебра практически нерастворимы в воде
3	$\text{NO}_3^-$ , $\text{NO}_2^-$ , $\text{CH}_3\text{COO}^-$	Группового реагента нет	Соли бария и серебра растворимы в воде

К первой аналитической группе анионов относятся сульфат-ион  $\text{SO}_4^{2-}$ , сульфит-ион  $\text{SO}_3^{2-}$ , карбонат-ион  $\text{CO}_3^{2-}$ , фосфат-ион  $\text{PO}_4^{3-}$ , силикат-ион  $\text{SiO}_3^{2-}$ , тиосульфат-ион  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ , оксалат-ион  $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ , борат-ион  $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$  ( $\text{BO}_2^-$ ), фторид-ион  $\text{F}^-$ .

Эти анионы образуют с катионом  $\text{Ba}^{2+}$  соли, мало растворимые в воде, но, за исключением сульфата бария, хорошо растворимые в разбавленных минеральных кислотах. Поэтому выделить анионы этой группы в виде осадка групповым реагентом – хлоридом бария  $\text{BaCl}_2$  – можно только в нейтральной или слабощелочной среде. Анионы первой группы образуют с катионами серебра  $\text{Ag}^+$  соли, растворимые в разбавленной азотной кислоте, а сульфат серебра  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$  растворим даже в воде.

**Задание:** Оформить работу «Аналитические реакции анионов первой аналитической группы» (Основная литература: [3] стр. 418-450).

#### Вопросы для самоконтроля.

- 1) На какие аналитические группы можно разделить анионы по их отношению к двум реактивам: хлориду бария и нитрату серебра?
- 2) Почему проводят реакции с хлоридом бария в нейтральной или слабощелочной среде, а с нитратом серебра в присутствии азотной кислоты?
- 3) Какие анионы не могут присутствовать в сильноокислом растворе?
- 4) Какая из солей нерастворима в разбавленной хлороводородной кислоте?

- сульфат бария;
  - карбонат бария;
  - сульфит бария;
  - фосфат бария?
- 5) Каким реагентом и в каких условиях можно обнаружить карбонат-анион?
- 6) Как можно открыть карбонат-анион в присутствии сульфит-аниона?
- 7) Какой аналитический эффект наблюдается при обнаружении аниона фосфата магnezальной смесью?

### **Аналитические реакции анионов второй и третьей аналитических групп.**

**Цель.** Познакомиться с качественными реакциями анионов второй и третьей й аналитических групп.

Рекомендуемый план занятия:

1. Аналитические реакции анионов второй группы.
2. Аналитические реакции анионов третьей группы

#### **1. Аналитические реакции анионов второй группы**

Ко второй аналитической группе анионов относятся хлорид-ион  $Cl^-$ , бромид-ион  $Br^-$ , иодид-ион  $I^-$ , сульфид-ион  $S^{2-}$ , цианид-ион  $CN^-$ , тиоцианат-ион  $SCN^-$ , бромат-ион  $BrO_3^-$ .

Эти анионы образуют с катионами  $Ag^+$  соли, не растворимые в воде и разбавленной азотной кислоте. Групповым реагентом на анионы второй группы является нитрат серебра  $AgNO_3$  в присутствии азотной кислоты  $HNO_3$ . Хлорид бария  $BaCl_2$  с анионами второй группы осадков не образует.

#### **2. Аналитические реакции анионов третьей группы**

К третьей группе анионов относятся нитрат-ион  $NO_3^-$ , нитрит-ион  $NO_2^-$ , ацетат-ион  $CH_3COO^-$ . Катионы бария  $Ba^{2+}$  и серебра  $Ag^+$  с анионами этой группы осадков не образуют. Группового реагента на анионы третьей группы нет.

**Задание:** Оформить работу «Аналитические реакции анионов второй и третьей аналитических групп» (Основная литература: [3] стр. 450-473).

#### **Вопросы для самоконтроля.**

- 1) Какой из анионов будет осаждаться первым при действии на реакционную смесь, содержащую анионы  $Cl^-$ ,  $Br^-$ ,  $I^-$ , нитратом серебра?
- 2) На чем основано открытие ацетат-иона раствором хлорида железа (III)?
  - 1) Как можно открыть анионы брома и иода при их совместном присутствии в растворе?
  - 2) Как устранить мешающее влияние нитрит-аниона при обнаружении нитрат-аниона с дифениламино?
  - 3) Какие аналитические эффекты наблюдаются при обнаружении анионов хлорида и сульфида нитратом серебра?

### **План лабораторных работ**

#### **Количественный анализ**

№	Тема	Кол-во часов	№ работ	Задания
1	Гравиметрический метод анализа ЛР. Определение кристаллизационной воды в кристаллогидрате хлорида бария	4	Стр.28-38	[4] гл.2 [2] №269,293,337,230
2	ЛР. Определение сульфат – ионов	4	Р.6.1 Стр. 56-58	[2] №273, 276,280, 298
3	Решение задач по теме «Гравиметрический анализ»	4		
4	Титриметрический анализ	4	Р.8.1, 8..3	[4] гл.3

	Методы кислотно-основного титрования. ЛР. Приготовление и стандартизация 0,1 М раствора хлороводородной кислоты ЛР. Определение содержания щелочи и соды при их совместном присутствии		Стр. 70 – 76	[2] 358,369,381,399, 415
5	ЛР. Определение аммиака в солях аммония методом обратного титрования.	4	Р. 8.4	
6	Метод осаждения ЛР. Приготовление и стандартизация 0,01 М раствора нитрата серебра ЛР. Определение хлорид – ионов в сточных водах методом Фольгарда	4	Р.9.3, 9.4 Стр.95-98	[4] гл.6 [2] 556,560,557,561, 565
7	Комплексометрия ЛР. Приготовление и стандартизация раствора этилендиаминтетраацетата натрия (ЭДТА) ЛР. Определение кальция и магния в растворе	4	Р.10.3, 10.4 Стр.102-104	[4] гл.5 [2] №568,570,572
8	Окислительно – восстановительное титрование ЛР. Приготовление и стандартизация раствора перманганата калия по оксалату натрия ЛР. Определение нитрит – ионов	4	Р.11.1, 11.5 Стр.116-122	[4] гл.4 [2] 507,511,515,531, 547
9	ЛР. Приготовление и стандартизация раствора тиосульфата натрия. Определение меди	4	Р. 11.11; 11.12.	
10	Решение задач по теме «Титриметрический анализ»	2		
	Итого	38		

### Гравиметрический метод анализа (метод отгонки)

**Цель.** Познакомиться с гравиметрическим методом анализа (методом косвенной отгонки).

В методах отгонки определяемый компонент выделяют из анализируемой пробы в виде газообразного вещества и измеряют либо массу отогнанного вещества (прямой метод), либо массу остатка (косвенный метод).

#### *Определение кристаллизационной воды в кристаллогидрате хлорида бария $BaCl_2 \cdot 2H_2O$*

В зависимости от термодинамических условий одна и та же соль может кристаллизоваться с различным числом молекул воды. Так, например, тетраборат натрия ниже 60 °С образует кристаллы состава  $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ , выше 60 °С –  $Na_2B_4O_7 \cdot 5H_2O$ .

При нагревании кристаллогидратов выделяется кристаллизационная вода. При этом температура высушивания для различных кристаллогидратов может быть различна и зависит от прочности связи, координации и положения молекул воды в кристаллической решетке. Так, например, при определении кристаллизационной воды в кристаллогидрате щавелевой кислоты  $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$  температура ее высушивания поддерживается в пределах 110-112 °С, в кристаллогидратах  $BaCl_2 \cdot 2H_2O$  и  $Na_2Cr_2O_7 \cdot 2H_2O$  – 120-125 °С, а в медном купоросе  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$  – 140-150 °С и т. д.

Содержание кристаллизационной воды должно соответствовать приписываемой ему химической формуле. Поэтому для определения следует брать перекристаллизованную химически чистую соль.

**Взятие навески.** Бюкс, в котором будет производиться взвешивание, необходимо тщательно вымыть, высушить в сушильном шкафу и поставить в эксикатор на 20 минут в весовой комнате. При высушивании и охлаждении бюкс должен быть открыт, а при взвешивании закрыт крышкой. После этого взвесьте бюкс с крышкой на аналитических весах. Возьмите на технических весах грубую навеску хлорида бария  $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  около 1,5 г и поместите ее в бюкс, закройте его крышкой и взвесьте на аналитических весах.

**Высушивание.** Перевернув крышку бюкса на ребро, поставьте его на полку сушильного шкафа. Подбюкс подложите листок бумаги. Закройте дверцу сушильного шкафа и держите в нем бюкс около двух часов при температуре 120-125 °С. По истечении этого времени тигельными щипцами переместите бюкс вместе с крышкой в эксикатор и поставьте его в весовой комнате. Через 20 мин. закройте бюкс крышкой и взвесьте на аналитических весах. Далее снова поставьте бюкс с солью в сушильный шкаф и продержите его там, около часа, снова охладите в эксикаторе и взвесьте. Если второе взвешивание дало тот же результат, что и первое, или отличается от него не более чем на 0,0002 г, то кристаллизационная вода удалена практически полностью. Если второе взвешивание отличается от первого более чем на 0,0002 г, то высушивание необходимо продолжать до получения постоянной массы. Цифровые данные всех повторных взвешиваний необходимо записывать в лабораторный журнал.

**Вычисление содержания кристаллизационной воды (в процентах).** Допустим, что получены следующие цифровые данные:

масса бюкса с веществом – 13,9602 г,  
 масса бюкса – 12,4234 г,  
 навеска – 1,5368 г.

Масса бюкса после высушивания:

- 1) 13,7352 г,
- 2) 13,7342 г,
- 3) 13,7340 г.

Количество кристаллизационной воды в навеске:

$$13,9602 \text{ г} - 13,7340 \text{ г} = 0,2262 \text{ г}.$$

В 1,5368 г  $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  содержится 0,2262 г  $\text{H}_2\text{O}$ ,  
 а 100 г  $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  « x г  $\text{H}_2\text{O}$ ;

$$x = \frac{0,2262 \cdot 100}{1,5368} = 14,72 \text{ (г)}, \text{ или } 14,72 \text{ \%}.$$

**Проверка точности проведения анализа.** Найденную величину кристаллизационной воды сравните с теоретически вычисленным значением содержания ее в кристаллогидрате  $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Исходя из его формулы, найдем, что в моле (244,3 г) хлорида бария содержится 2 моль (36,03 г) воды, можно составить следующую пропорцию:

в 244,3 г  $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  содержится 36,03 г  $\text{H}_2\text{O}$ ,  
 в 100 г  $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  « x г  $\text{H}_2\text{O}$ ;

$$x = \frac{36,03 \cdot 100}{244,3} = 14,75 \text{ (г)}, \text{ или } 14,75 \text{ \%}.$$

Абсолютная ошибка анализа составит:

$$14,72 - 14,75 = -0,03 \text{ (\%)}.$$

Относительная ошибка будет равна:

$$\frac{(-0,03) \cdot 100}{14,75} \approx -0,20\%.$$

Разница в 0,03 может быть вызвана неизбежными ошибками взвешивания. Анализ считается проведенный правильно тогда, когда эта разница не превышает  $\pm 0,05\%$ .

**Задание:** 1. Познакомиться с устройством аналитических весов и правилами работы (Основная литература: [1] стр.28-38).

2. Оформить работу «Определение кристаллизационной воды в кристаллогидрате хлорида бария  $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ »

**Вопросы для самоконтроля.**

1. Какова задача количественного анализа веществ?
2. На какие группы методов подразделяется количественный анализ?
3. Назовите химические методы количественного анализа.
4. На каком признаке основана классификация методов гравиметрического анализа?
5. Какова сущность весовых определений по методу отгонки?
6. Чем отличается метод прямой отгонки от метода косвенной отгонки?
7. Правила взвешивания на аналитических весах.

**Гравиметрический метод анализа (метод осаждения)**

**Цель.** Познакомиться с гравиметрическим методом анализа (методом осаждения).

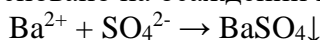
В методах осаждения определяемый компонент раствора вступает в химическую реакцию с прибавляемым реагентом – осадителем, образуя малорастворимый продукт осадок, который отделяют, промывают, высушивают (при необходимости прокалывают) и взвешивают на аналитических весах.

Соединение в виде которого определяемый компонент осаждают называют *формой осаждения*.

*Гравиметрическую форму* получают из формы осаждения либо высушиванием осадка до постоянной массы, либо прокаливанием осадка до постоянной массы в фарфоровом тигле.

**Определение сульфат-ионов**

Определение сульфат-ионов основано на осаждении их раствором хлорида бария:



Сульфат бария является формой осаждения и гравиметрической формой.

**Задание:** Оформить работу «Определение сульфат-ионов» (Основная литература: [1] стр.56-58).

**Вопросы для самоконтроля.**

1. Когда осаждение считают практически полным? Как добиться полноты осаждения? Какие потери осадка допустимы в гравиметрии?
2. Назовите и обоснуйте требования к осаждаемой и гравиметрической формам.
3. Как влияет на растворимость осадка избыток осадителя? Всегда ли при осаждении применяют полуторакратный избыток осадителя?
4. Почему при выделении осадка следует избегать большого избытка осадителя?
5. Объясните, от каких факторов зависит, будет ли осадок кристаллическим или аморфным. Приведите примеры.
6. Сформулируйте и объясните условия выпадения кристаллических осадков. Ответ обоснуйте.
7. Сформулируйте и объясните условия выделения легкофильтруемых чистых аморфных осадков. Ответ обоснуйте.
8. Какие процессы происходят во время старения осадка? Почему старение кристаллических осадков выгодно для анализа? Ответ мотивируйте.
9. Охарактеризуйте виды загрязнения осадка.

10. Назовите и обоснуйте причины потерь определяемого компонента при длительном промывании водой кристаллических и аморфных осадков.
11. Какие промывные жидкости применяют в гравиметрии? Обоснуйте выбор промывной жидкости, приведите примеры.
12. Какому осадителю (аммиак, мочеви́на) следует отдать предпочтение при осаждении гидроксида железа (III)? Почему?
13. Какие цели преследует промывание осадков? Какими соображениями руководствуются при выборе промывной жидкости.

#### Литература

Основная:      Дополнительная:

[4] глава 1 – 2      [1] глава 14

[2] № 269, 293, 337, 340      [4] глава 9 § 9.1

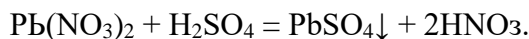
### **Гравиметрический метод анализа. Решение задач**

**Цель.** Познакомиться с расчетами гравиметрического метода анализа.

**Пример 1.** Сколько миллилитров 1 М раствора серной кислоты надо взять согласно уравнению реакции для осаждения свинца из раствора, содержащего 0,5 г нитрата свинца?

#### **Решение**

Уравнение реакции осаждения:



В 1 л 1М раствора содержится 1 моль  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , т.е. 98 г. По уравнению реакции на 1 моль нитрата свинца (331,2 г) затрачивается 1 моль кислоты. Объем необходимой кислоты определяем следующим образом:

на 331,2 г  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  идет 1000 мл  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  
на 0,5 г  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  идет  $x$  мл  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,

откуда

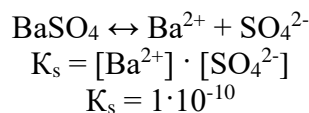
$$x = \frac{0,5 \cdot 1000}{331,2} = 1,5 \text{ (мл } \text{H}_2\text{SO}_4\text{)}.$$

Для полного осаждения необходим полуторный избыток осадителя  $1,5 \cdot 1,5 = 2,25$  (мл).

**Пример 2.** Сколько граммов  $\text{BaSO}_4$  перейдет в раствор при промывании осадка 200 мл дистиллированной воды?

#### **Решение**

1. Найдем растворимость  $\text{BaSO}_4$  в молях на литр:



Обозначим растворимость  $\text{BaSO}_4$  через  $x$  моль/л, тогда  $[\text{Ba}^{2+}] = x$  и  $[\text{SO}_4^{2-}] = x$

Отсюда  $K_s = x^2$

$$K_s = 1 \cdot 10^{-10}$$

$$x = \sqrt{1 \cdot 10^{-10}} = 1 \cdot 10^{-5}$$

2. Рассчитываем растворимость  $\text{BaSO}_4$  в граммах в 200 мл воды:

$$1 \cdot 10^{-5} \text{ моль/л} \cdot 233 \text{ моль/л} \cdot 0,2 \text{ л} = 0,0005 \text{ г}$$

**Пример 3.** Сколько граммов  $\text{BaSO}_4$  перейдет в раствор при промывании осадка 200 мл жидкости, содержащей  $10^{-3}$  моль серной кислоты?

#### **Решение**

1. Найдем растворимость  $\text{BaSO}_4$ :

$$K_s = [\text{Ba}^{2+}] \cdot [\text{SO}_4^{2-}]$$

Обозначим растворимость  $\text{BaSO}_4$  через  $x$  моль/л, тогда

$$\begin{aligned} [\text{Ba}^{2+}] &= x, \text{ а } [\text{SO}_4^{2-}] = x + 0,001 \\ K_s &= x \cdot (x + 0,001) \end{aligned}$$

Так как  $x \leq 0,001$ , то значением  $x$  при сложении можно пренебречь:

$$\begin{aligned} K_s &= 0,001 \cdot x \\ x &= \frac{1 \cdot 10^{-10}}{1 \cdot 10^{-3}} = 1 \cdot 10^{-7} \text{ моль/л} \end{aligned}$$

2. Рассчитаем растворимость  $\text{BaSO}_4$  в граммах на 200 мл раствора:  $1 \cdot 10^{-7}$  моль/л  $\cdot$  233 г/моль  $\cdot$  0,2 л = 0,000005 г

**Пример 4.** При анализе состава технического сульфата натрия было найдено:  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  – 87,56 %;  $\text{NaCl}$  – 1,14 %;  $\text{H}_2\text{O}$  – 11,30 %

Пересчитать результаты анализа на абсолютно сухое вещество.

#### Решение

Общее содержание сухого вещества в сульфате натрия равно:

$$100,0 - 11,30 = 88,70 (\%)$$

Процентное содержание отдельных компонентов в сухом веществе будет:

$$\text{для } \text{Na}_2\text{SO}_4 \frac{87,56 \cdot 100}{88,70} = 98,71 (\%)$$

$$\text{для } \text{NaCl} \frac{1,14 \cdot 100}{88,70} = 1,29 (\%)$$

Или, используя формулу  $\omega_c = \frac{\omega \cdot 100}{(100 - \epsilon)}$ , где  $\omega$  – содержание составной части во влажном образце,  $\epsilon$  – влажность образца в процентах,  $\omega_c$  – содержание составной части в сухом образце.

$$\omega_c(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \frac{87,56 \cdot 100}{100 - 11,30} = 98,71 (\%)$$

$$\omega_c(\text{NaCl}) = \frac{1,14 \cdot 100}{100 - 11,30} = 1,29 (\%)$$

**Задание:** Решить задачи (Основная литература: [2] № 300, 310, 320, 340).

#### Вопросы для самоконтроля

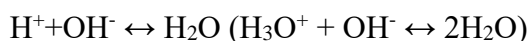
1. Чем руководствуются при вычислении величины навески?
2. Как производят расчет результатов весовых определений?
3. Что такое аналитический множитель (фактор пересчета)?

#### Кислотно-основное титрование

**Цель.** Познакомиться с титриметрическим методом анализа.

В титриметрическом анализе количество химических веществ определяют чаще всего путем точного измерения объемов растворов двух веществ, вступающих между собой в определенную реакцию. Реагент берут в количестве, эквивалентном определяемому веществу.

К методу кислотно-основного титрования относят все титриметрические определения, в основе которых лежит реакция:



При помощи этого метода определяют кислоты, основания, некоторые соли, азот, серу в органических соединениях и т. д.

**Задание:** Оформить работы: «Приготовление и стандартизация 0,1 М раствора хлороводородной кислоты», «Определение содержания щелочи и соды при их совместном присутствии». (Основная литература: [1] стр.70-76).

#### Вопросы для самоконтроля

1. Какие признаки положены в основу классификации титриметрических методов?
2. Что такое титрование, скачок титрования, точка эквивалентности, конечная точка титрования?
3. Изложите сущность прямого, обратного титрования и титрования заместителя.
4. Обязательно ли совпадение точки эквивалентности и конечной точки титрования?
5. Что такое первичные и вторичные стандартные растворы? Перечислите требования, предъявляемые к стандартным веществам.
6. Какова сущность метода кислотно-основного титрования? Как обнаружить конечную точку титрования в кислотно-основном титровании?
7. Приведите примеры первичных и вторичных стандартных растворов, используемых в кислотно-основном титровании. Напишите уравнения реакций, укажите факторы эквивалентности.
8. Приведите примеры использования разных способов титрования (прямого, обратного, косвенного) в кислотно-основном титровании.

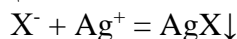
#### Литература

Основная:      Дополнительная:  
 [4] глава 3      [4] глава 9 § 9.2.1 – 9.2.4  
 [2] № 358, 369, 381, 399, 415   [1] глава 5

### Осадительное титрование

**Цель.** Познакомиться с методикой осадительного титрования.

Аргентометрическое титрование – метод осадительного титрования, основанный на использовании стандартного раствора нитрата серебра в качестве реагента – осадителя. В основе метода лежат осадительные реакции



где  $\text{X}^- = \text{Cl}^-, \text{Br}^-, \text{I}^-, \text{CN}^-, \text{SCN}^-$  и др.

Основными рабочими растворами аргентометрии являются растворы нитрата серебра, хлорида натрия и тиоцианата калия или аммония. Рабочий раствор нитрата серебра готовят по навеске и стандартизируют стандартным раствором хлорида натрия в присутствии хромата калия.

Растворы хлорида натрия и тиоцианата калия (или аммония) готовят из перекристаллизованных препаратов. Точную концентрацию тиоцианата калия (или аммония) устанавливают по титрованному раствору нитрата серебра.

Метод Фольгарда – это обратное титрование избытка катионов серебра раствором тиоцианата калия (или аммония) в присутствии индикатора – соли железа(III), обычно железоаммонийных квасцов. К анализируемому раствору добавляют избыток стандартного раствора нитрата серебра, осадок отфильтровывают, а остаток нитрата серебра титруют рабочим раствором тиоцианата калия (или аммония) в присутствии соли железа(III).

**Задание:** Оформить работы: «Приготовление и стандартизация 0,1 М раствора нитрата серебра», «Определение хлорид-ионов в сточных водах методом Фольгарда». (Основная литература: [1] стр.95-98).

#### Вопросы для самоконтроля

1. Приведите примеры использования разных способов титрования (прямого, обратного, косвенного) в кислотно-основном титровании.

2. Какие требования предъявляют к реакциям осаждения в титриметрическом анализе?
3. Назовите наиболее широко применяющиеся методы осадительного титрования.
4. Укажите последовательность выпадения осадков при аргентометрическом титровании смеси, содержащей ионы  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$  и  $\text{I}^-$  в эквимольных концентрациях.
5. Перечислите способы обнаружения конечной точки титрования по методу осаждения.
6. Какие типы индикаторов применяются в титровании по методу осаждения?
7. Какой способ основан на безындикаторном обнаружении конечной точки аргентометрического титрования хлоридов?
8. На чем основан метод Гей-Люссака? Какие ионы он позволяет определять?
9. В чем сущность осадительного титрования по методу Мора; для определения каких ионов он применим?
10. Охарактеризуйте метод Фольгарда. Какие ионы могут быть определены с помощью этого метода?
11. С помощью какого индикатора фиксируют конечную точку титрования в методе Фаянса? Отметьте особенности и область применения этого метода.
12. Сформулируйте необходимое условие применения адсорбционных индикаторов. Приведите примеры их использования.

#### Литература:

Основная:      Дополнительная:  
 [4] глава 6      [1] глава 13  
 [2] № 556, 560, 557, 561, 565   [4] глава 9 § 9.2.7

### **Комплексонометрическое титрование**

**Цель.** Познакомиться с методикой комплексонометрического титрования.

Комплексонометрия – метод титрования, основанный на использовании реакций образования комплексонов – комплексных соединений катионов металлов с комплексоном. Комплексоны – это производные аминополикарбонновых кислот и их солей, анионы которых, выступая в роли полидентантных хелатообразующих лигандов, способны образовывать со многими катионами металлов устойчивые растворимые комплексы – комплексоны.

Одним из наиболее часто применяемых комплексонов является – ЭДТА (этилендиаминтетраацетат). Стандартизация раствора ЭДТА основана на титровании аликвоты стандартного раствора сульфата цинка раствором ЭДТА в присутствии эриохрома черного Т.

Определение кальция и магния при их совместном присутствии основано на титровании стандартным раствором ЭДТА с двумя индикаторами – эриохромом черным Т титруется сумма кальция и магния; затем с мурексидом в щелочной среде – только кальций. Разность объемов, затраченных на титрование смеси с разными индикаторами. Соответствует содержанию магния в растворе.

**Задание:** Оформить работы: «Приготовление и стандартизация раствора этилендиаминтетраацетата натрия (ЭДТА)», «Определение кальция и магния при их совместном присутствии в растворе». (Основная литература: [1] стр.102-109).

#### **Вопросы для самоконтроля**

1. Каким критериям должны отвечать титранты в комплексонометрии?
2. В чем сущность метода комплексонометрии?
3. Объясните принцип действия и выбора металлоиндикатора в комплексонометрическом титровании.
4. Какие факторы влияют на величину скачка на кривой комплексонометрического титрования?
5. В каких случаях используют обратное комплексонометрическое титрование? Приведите примеры.
6. В чем суть косвенного комплексонометрического титрования? Приведите примеры.

7. Объясните сущность обратного и вытеснительного комплексометрического титрования. В каких случаях используют эти методы?
8. Как проводят комплексометрическое определение кальция и магния при их совместном присутствии?

#### Литература

Основная:      Дополнительная:  
 [4] глава 5      [1] глава 9  
 [2] № 568, 570, 572   [4] глава 9 § 9.2.5

### **Окислительно-восстановительное титрование**

**Цель.** Познакомиться с методикой окислительно-восстановительного титрования.

Окислительно-восстановительное титрование, или редоксиметрия, – это титрование, сопровождаемое переходом одного или большего числа электронов от иона-донора или молекулы (восстановителя) к акцептору (окислителю).

Перманганометрия – метод окислительно-восстановительное титрования с применением титранта – раствора перманганата калия. Раствор перманганата калия готовят по навеске и стандартизируют стандартным раствором оксалата натрия или стандартным раствором щавелевой кислоты.

Перманганометрическое титрование применяют преимущественно для определения веществ, играющих по отношению к перманганат-иону роль восстановителей.

Концентрацию нитрита натрия определяют прямым титрованием в сернокислой среде. Поскольку нитрит-ион неустойчив в кислой среде и разлагается, поэтому аликвоту стандартного сернокислого раствора перманганата калия титруют нейтральным раствором нитрита натрия до обесцвечивания.

**Задание:** Оформить работы: «Приготовление и стандартизация раствора перманганата калия по оксалату натрия», «Определение нитрит-ионов». (Основная литература: [1] стр.116-122).

#### **Вопросы для самоконтроля**

1. Назовите способы фиксирования конечной точки в окислительно-восстановительном титровании.
2. Назовите первичные стандартные вещества в перманганометрии, укажите их факторы эквивалентности и напишите соответствующие полуреакции.
3. Напишите реакции, используемые для стандартизации раствора тиосульфата натрия.
4. Назовите причины неустойчивости раствора тиосульфата натрия и напишите уравнения соответствующих реакций.
5. Назовите причину неустойчивости раствора перманганата калия и напишите уравнения соответствующей реакции.
6. Какие приемы используют для стабилизации раствора перманганата калия?
7. Укажите и поясните условия, которые необходимо соблюдать при титровании оксалата натрия раствором перманганата калия?

#### Литература

Основная:      Дополнительная:  
 [4] глава 4      [1] глава 11  
 [2] №507, 511, 515,531,547   [4] глава 9 § 9.2.6

### **Титриметрический анализ. Решение задач**

**Цель.** Познакомиться с расчетами титриметрического метода анализа.

**Пример 1.** Приготовить 20 л 0,1 н раствора соляной кислоты из кислоты, плотность которой 1,19 г/мл.

Решение. Для приготовления 20 л 0,1 н раствора соляной кислоты необходимо растворить:

$$m = M_{\text{э}} \cdot C_{\text{н}} \cdot V; m = 36,5 \cdot 20 \cdot 0,1 = 73 \text{ (г)}.$$

По таблице находим  $\omega$ . Т.к.  $\rho=1,19$  г/мл, то  $\omega=38,32\%$ . Следовательно, кислоты, плотность которой 1,19 г/мл, нужно взять:

$$m_{ра-ра} = \frac{m_{ее-ва} \cdot 100\%}{\omega}; m_{ра-ра} = \frac{73 \cdot 100}{38,32} = 190,5 \text{ (г)}.$$

Объем этого количества кислоты равен:

$$V = \frac{m}{\rho}; V = \frac{190,5}{1,19} = 160 \text{ (мл)}.$$

**Пример 2.** Сколько процентов  $\text{CH}_3\text{COOH}$  содержит концентрированная уксусная кислота, если после растворения 2,6 г ее в мерной колбе емкостью 250 мл на титрование 25 мл полученного раствора израсходовано 22 мл 0,1 н раствора гидроксида натрия?

Решение. Рассчитаем концентрацию уксусной кислоты по результатам титрования:

$$V(\text{CH}_3\text{COOH}) \cdot c(\text{CH}_3\text{COOH}) = V(\text{NaOH}) \cdot c(\text{NaOH}),$$

$$c(\text{CH}_3\text{COOH}) = \frac{V(\text{NaOH}) \cdot c(\text{NaOH})}{V(\text{CH}_3\text{COOH})},$$

$$c(\text{CH}_3\text{COOH}) = \frac{22 \cdot 0,1}{25} = 0,088.$$

Найдем массу уксусной кислоты, которая содержалась в 250 мл раствора:

$$m = M_n \cdot C_n \cdot V; m = 60 \cdot 0,088 \cdot 0,25 = 1,32 \text{ г}$$

Рассчитаем массовую долю кислоты в данном растворе:

$$\omega = \frac{m_{ее-ва}}{m_{ра-ра}} 100\%; \omega = \frac{1,32}{2,6} 100\% = 50,77\%$$

## 6 ДИДАКТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ (САМОКОНТРОЛЯ) УСВОЕННОГО МАТЕРИАЛА

### 6.1 Оценочные средства, показатели и критерии оценивания компетенций

Индекс компетенции	Оценочное средство	Показатели оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций
УК-1 ОПК-8 ПК-2	Отчет по лабораторной работе	Низкий – неудовлетворительно	ставится, если допущены существенные ошибки (в ходе эксперимента, в объяснении, в оформлении работы, по технике безопасности, в работе с веществами и приборами), которые не исправляются даже по указанию преподавателя.
		Пороговый – удовлетворительно	ставится, если допущены одна-две существенные ошибки (в ходе эксперимента, в объяснении, в оформлении работы, по технике безопасности, в работе с веществами и приборами), которые исправляются с помощью преподавателя.
		Базовый – хорошо	а) работа выполнена правильно, без существенных ошибок, сделаны выводы;

			б) допустимы: неполнота проведения или оформления эксперимента, одна-две несущественные ошибки в проведении или оформлении эксперимента, в правилах работы с веществами и приборами
	Высокий – отлично		а) работа выполнена полно, правильно, без существенных ошибок, сделаны выводы; б) эксперимент осуществлен по плану с учетом техники безопасности и правил работы с веществами и приборами; в) имеются организационные навыки (поддерживается чистота рабочего места и порядок на столе, экономно используются реактивы).
Контрольная работа	Низкий – неудовлетворительно		допустил число ошибок и недочетов превосходящее норму, при которой может быть выставлена оценка «3»
	Пороговый – удовлетворительно		если студент правильно выполнил не менее половины работы или допустил: не более двух грубых ошибок; или не более одной грубой и одной негрубой ошибки и одного недочета; или не более двух-трех негрубых ошибок; или одной негрубой ошибки и трех недочетов; или при отсутствии ошибок, но при наличии четырех-пяти недочетов.
	Базовый – хорошо		студент выполнил работу полностью, но допустил в ней: не более одной негрубой ошибки и одного недочета или не более двух недочетов
	Высокий – отлично		работа выполнена без ошибок, указаны все расчетные формулы, единицы измерения, без ошибок выполнены математические расчеты
Учебные задачи	Низкий – неудовлетворительно		допустил число ошибок и недочетов превосходящее норму, при которой может быть выставлена оценка «3»
	Пороговый – удовлетворительно		студент правильно выполнил не менее половины работы или допустил: не более двух грубых ошибок; или не более одной грубой и одной негрубой ошибки и одного недочета; или не более двух-трех негрубых ошибок; или одной негрубой ошибки и трех недочетов; или при

			отсутствии ошибок, но при наличии четырех-пяти недочетов.
		Базовый – хорошо	студент выполнил работу полностью, но допустил в ней: не более одной негрубой ошибки и одного недочета или не более двух недочетов
		Высокий – отлично	работа выполнена без ошибок, указаны все расчетные формулы, единицы измерения, без ошибок выполнены математические расчеты
ПК-2 ОПК-8	Тест	Низкий – до 60 баллов (неудовлетворительно)	за верно выполненное задание тестируемый получает максимальное количество баллов, предусмотренное для этого задания, за неверно выполненное – ноль баллов. После прохождения теста суммируются результаты выполнения всех заданий. Подсчитывается процент правильно выполненных заданий теста, после чего этот процент переводится в оценку, руководствуясь указанными критериями оценивания.
		Пороговый – 61-75 баллов (удовлетворительно)	
		Базовый – 76-84 баллов (хорошо)	
		Высокий – 85-100 баллов (отлично)	

## 6.2 Промежуточная аттестация студентов по дисциплине

Промежуточная аттестация является проверкой всех знаний, навыков и умений студентов, приобретённых в процессе изучения дисциплины. Формой промежуточной аттестации по дисциплине является зачёт/экзамен.

Для оценивания результатов освоения дисциплины применяется следующие критерии оценивания.

### Критерии оценки студента на зачете

Студент допускается к зачету, если:

- а) выполнил все практические работы;
- б) защитил их, ответив на контрольные вопросы по теме практической работы.

Зачет проходит в устной форме или в форме тестирования.

Оценка «**зачтено**» выставляется студенту, который

- прочно усвоил предусмотренный программный материал;
- правильно, аргументировано ответил на все вопросы, с приведением примеров;
- показал глубокие систематизированные знания, владеет приемами рассуждения и сопоставляет материал из разных источников: теорию связывает с практикой, другими темами данного курса, других изучаемых предметов
- без ошибок выполнил практическое задание.

Обязательным условием выставленной оценки является правильная речь в быстром или умеренном темпе.

Дополнительным условием получения оценки «зачтено» могут стать хорошие успехи при выполнении самостоятельной работы, систематическая активная работа на практических занятиях.

Оценка «не зачтено» выставляется студенту, который не смог раскрыть основной вопрос даже на 50%, в ответах на другие (дополнительные) вопросы допустил существенные ошибки или не может ответить на дополнительные вопросы, предложенные преподавателем. Оценивается качество устной и письменной речи, как и при выставлении положительной оценки.

### Критерии оценки устного ответа на экзамене

Основой для определения оценки на экзаменах служит объём и уровень усвоения студентами материала, предусмотренного рабочей программой соответствующей дисциплины.

При определении требований к экзаменационным оценкам по дисциплинам с преобладанием теоретического обучения предлагается руководствоваться следующим:

- оценки «**отлично**» заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные РПД, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «отлично» выставляется студентам, усвоившим взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявившим творческие способности в понимании, изложении и использовании учебного материала;
- оценки «**хорошо**» заслуживает студент, обнаруживший полное знание программного материала, успешно выполняющий предусмотренные в программе задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе. Как правило, оценка «хорошо» выставляется студентам, показавшим систематический характер знаний по дисциплине и способным к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности;
- оценки «**удовлетворительно**» заслуживает студент, обнаруживший знание основного программного материала в объёме, необходимом для дальнейшей учёбы и предстоящей работы по профессии, справляющийся с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомый с основной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «удовлетворительно» выставляется студентам, допустившим погрешности не принципиального характера в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий;
- оценка «**неудовлетворительно**» выставляется студенту, обнаружившему пробелы в знаниях основного программного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании вуза без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

### Вопросы к зачету

1. Дайте определение понятиям: аналитическая реакция, дробный, систематический анализ, макро-, полумикроанализ.
2. Сформулируйте принцип аналитической классификации ионов.
3. Назовите групповые реагенты, применяемые в кислотно-основном методе качественного анализа.
4. Какие реагенты и реакции называются специфическими, селективными, групповыми?
5. Дайте общую характеристику первой аналитической группы катионов.
6. Напишите формулы и назовите реагенты, используемые для обнаружения ионов: а) натрия, б) калия, в) лития.
7. Напишите уравнения реакций обнаружения иона натрия с цинкуранилацетатом и иона калия с гексанитрокобальтатом(III) натрия.
8. Перечислите микрокристаллоскопические реакции обнаружения катионов первой аналитической группы.

9. Укажите химический состав реактива Несслера.
10. Открытию каких катионов мешает ион аммония? Объясните, почему?
11. Назовите групповые реагенты на катионы второй и третьей аналитических групп. Какие вещества образуются при их действии на катионы этих групп?
12. Перечислите катионы, входящие в состав второй и третьей аналитических групп. К каким группам периодической системы они относятся?
13. Дайте общую характеристику катионов и соединений второй и третьей аналитических групп.
14. Какие катионы первой группы окрашивают пламя газовой горелки? Укажите окраску пламени.
15. Перечислите аналитические реакции катиона свинца и напишите их уравнения. Какая реакция называется реакцией «золотого дождя»?
16. Хлорид какого катиона хорошо растворяется в горячей воде?
17. Какие катионы второй группы образуют комплексные соединения? Напишите их формулы.
18. Напишите уравнение реакции растворения хлорида серебра в водном аммиаке.
19. Почему в ходе систематического анализа смеси катионов первой, второй и третьей аналитических групп проводят перевод осадка сульфатов катионов третьей аналитической группы в карбонаты?
20. Можно ли по систематическому ходу анализа смеси катионов первой, второй и третьей групп ДЛЯ растворения карбонатов третьей группы вместо уксусной кислоты использовать хлороводородную или азотную?
21. Почему анализ смеси катионов первой, второй и третьей аналитических групп начинают с обнаружения и отделения катионов бария?
22. Почему необходимо удалить катионы свинца, приступая к анализу осадка хлоридов катионов второй группы и сульфатов катионов третьей группы?
23. Как открывают катионы кальция и стронция при их совместном присутствии?
24. Назовите групповой реагент и перечислите катионы, входящие в четвертую группу.
25. Укажите цвет гидроксидов катионов четвертой группы.
26. В чем растворяются гидроксиды катионов четвертой группы, и какие соединения образуются при этом? Напишите соответствующие уравнения реакций.
27. Перечислите катионы четвертой группы, проявляющие окислительно-восстановительные свойства. Как действует групповой реагент на эти ионы?
28. Напишите в ионном виде уравнение реакции окисления  $\text{Cr}^{3+}$  пероксидом водорода в щелочной среде.
29. Какой из катионов четвертой группы окрашен?
30. Какую специфическую реакцию используют для обнаружения катионов хрома(III)?
31. Каков цвет хромат- и дихромат-ионов? Напишите уравнение реакции их взаимного перехода.
32. Для обнаружения какого катиона четвертой группы используют органический реагент ализарин?
33. Для обнаружения какого катиона четвертой группы используют органический реагент дитизон?
34. Назовите групповые реагенты на катионы пятой и шестой аналитических групп.
35. Перечислите катионы, входящие в состав этих групп.
36. Какие элементы, катионы которых входят в состав пятой группы, проявляют переменную степень окисления?
37. Какие элементы, катионы которых входят в состав шестой группы, проявляют переменную степень окисления?

39. Напишите в ионном виде уравнения реакций взаимодействия: а) соли железа(II) с гексацианоферратом(III) калия; б) соли железа(III) с гексацианоферратом(II) калия. В какой среде протекают эти реакции?

40. Сформулируйте принципы аналитической классификации анионов.

41. Назовите групповые реагенты в классификации анионов по способности образовывать малорастворимые соединения и по способности проявлять окислительно-восстановительные свойства.

### Экзаменационные вопросы

#### Качественный анализ

1. Предмет задачи и методы аналитической химии. Качественный и количественный анализ. Основные этапы развития аналитической химии.

2. Классификация методов анализа по следующим признакам: а) по агрегатному состоянию анализируемого объекта и продукта реакции; б) по количеству используемого вещества; в) по технике выполнения и измерения результатов анализа.

3. Классификация реактивов по чистоте. Стандарты ГОСТ, ТУ.

4. Чувствительность аналитических реакций, способы ее выражения. Открываемый минимум и предельное разбавление. Условия обнаружения неорганических ионов.

5. Избирательность и специфичность реакций. Групповые и частные реакции. Дробный и систематический методы анализа. Групповой реагент.

6. Аналитическая классификация катионов по группам: сероводородная (сульфидная), аммиачно-фосфатная, кислотнo-основная. Ограниченность любой классификации катионов по группам.

7. Кислотно-щелочная система качественного анализа. Соотношение между классификацией катионов в анализе и периодической системой Д.И. Менделеева.

8. Аналитический сигнал. Измерение. Погрешности химического анализа. Обработка результатов измерений. Систематические погрешности. Случайные погрешности.

9. Подготовка образца к анализу. Средняя проба. Отбор средней пробы жидкости, твердого тела (однородного и неоднородного вещества).

10. Растворение пробы (в воде, в водных растворах кислот, в других растворителях), обработка пробы насыщенными растворами соды, поташа или ее сплавление с солями.

11. Химическое равновесие. Константа равновесия. Взаимосвязь между концентрацией, степенью и константой диссоциации. Закон В. Оствальда. Ионное произведение воды и рН растворов. Действие одноименного иона.

12. Количественное описание равновесных процессов в сильных электролитах. Активность и коэффициент активности.

13. Буферные растворы, их значение в анализе. Типы буферных систем. Вычисление  $H^+$  и рН в растворах буферных смесей.

14. Произведение растворимости; вывод общей формулы. Взаимосвязь между растворимостью вещества и его произведением растворимости с учетом и без учета коэффициента активности.

15. Произведение растворимости; роль посторонних ионов, солевой эффект.

16. Осаждение. Факторы, определяющие полноту осаждения, природа и количество осадителя, ионная сила и рН раствора.

17. Растворение осадков и превращение одних малорастворимых осадков в другие.

18. Гидролиз. Взаимосвязь между концентрацией, степенью и константой гидролиза. Вывод формул и вычисление концентраций ионов  $H^+$  и рН.

19. Использование процессов гидролиза для определения и разделения ионов.

20. Выбор окислительно-восстановительных реакций для качественного обнаружения ионов в растворе. Примеры использования редокс-реакций в качественном анализе.

21. Использование комплексных соединений при проведении качественного анализа.

22. Органические реагенты в качественном анализе. Избирательность органических реагентов. Маскирование мешающих ионов.
23. Разделение. Концентрирование. Классификация методов разделения и концентрирования. Количественные характеристики разделения и концентрирования.
24. Осаждение и соосаждение.
25. Экстракция. Условия экстракции вещества. Применение экстракции в аналитике.
26. Распределение вещества между двумя фазами. Константа и коэффициент распределения. Константа экстракции.
27. Основные количественные характеристики экстракции (степень извлечения, фактор извлечения). Классификация экстракционных систем. Экстракционные хелатные системы.

### Количественный анализ

28. Правильность и воспроизводимость результатов количественного анализа. Классификация ошибок количественного анализа, способы их выявления.
29. Статистическая обработка и представление результатов количественного анализа (среднее арифметическое, отклонение от среднего, дисперсия, стандартное отклонение, доверительный интервал среднего, полуширина доверительного интервала).
30. Нормальное распределение.  $t$  – распределение.
31. Обнаружение промахов. Метрологическая характеристика методов анализа по правильности и воспроизводимости.
32. Сущность гравиметрического анализа. Осаждаемая и гравиметрическая формы осадка. Выбор осадителя, неорганические и органические осадители. Общая оценка метода.
33. Требования к осадкам и гравиметрической форме. Расчет массы анализируемой пробы и объема (массы) осадителя. Гравиметрический фактор.
34. Механизм образования твердой фазы – теория кристаллизации. Условия получения осадка. Осаждение из гомогенных растворов.
35. Загрязнение осадка: виды соосаждения, закономерности адсорбции на аморфных осадках, закономерности соосаждения на кристаллических осадках.
36. Сущность титриметрического анализа. Способы приготовления титрованных (стандартных) растворов.
37. Приемы и методы титрования.
38. Индикаторы. Индикаторы кислотно-основного титрования. Теория индикаторов.
39. Интервал рН изменения окраски индикаторов. Показатель титрования рТ.
40. Рабочие растворы в методах кислотно-основного титрования. Кривые титрования.
41. Индикаторные погрешности титрования. Водородная и гидроксильная ошибки титрования. Кислотная и щелочная ошибки титрования.
42. Основы методов окисления-восстановления. Использование окислительно-восстановительных реакций в качественном анализе. Классификация методов окисления-восстановления. Редокс-потенциалы и направление протекания реакций. Константы окислительно-восстановительных реакций и их связь с нормальными потенциалами.
43. Кривые титрования в методах редоксиметрии. Фиксирование точки эквивалентности. Редокс-индикаторы.
44. Осадительное титрование. Характеристика и классификация методов осаждения. Реакции, лежащие в основе методов осаждения. Сходство и отличие методов осаждения от гравиметрического анализа.
45. Кривые титрования в методах осаждения и их анализ. Факторы, влияющие на ход кривой титрования. Выбор индикаторов. Прямое и обратное титрование. Способы фиксирования конечной точки титрования в аргентометрии (методы Мора, Форльгарда, Фаянса, Гей-Люссака).

46. Комплексиметрическое титрование. Сущность метода. Требования к реакциям в комплексиметрии. Классификация методов и их применение. Теоретические основы комплексонометрии. Комплексоны. Константы устойчивости комплексных соединений. Условные константы устойчивости.

47. Кривые титрования в комплексонометрии. Металлохромные индикаторы. Способы проведения комплексонометрического титрования. Примеры комплексонометрического титрования.

### 6.3 Оценочные средства для проверки уровня сформированности компетенций УК-1, ОПК-8, ПК-2

Тесты содержат следующие типы заданий

Тип задания	№ задания	Вес задания (балл)	Результат оценивания (баллы, полученные за выполнение задания / характеристика правильности ответа)
задания закрытого типа с выбором одного правильного (1 из 4)	1, 2, 3	1 балл	1 б - полное правильное соответствие; 0 б - остальные случаи
задания закрытого типа с выбором одного правильного ответа по схеме: «верно»/ «неверно»	4, 5	1 балл	1 б - полное правильное соответствие; 0 б - остальные случаи
задания закрытого типа с выбором нескольких правильных ответов (3 из 6)	6, 7	2 балла	2 б – полное правильное соответствие (последовательность вариантов ответа может быть любой); 1 б – если допущена одна ошибка / ответ правильный, но не полный; 0 б – остальные случаи
задания закрытого типа на установление соответствия (4 на 4)	8, 9	2 балла	2 б – полное правильное соответствие; 1 б – если допущена одна ошибка / ответ правильный, но не полный; 0 б – остальные случаи
задание закрытого типа на установление последовательности	10, 11	2 балла	2 б – полное правильное соответствие; 1 б – если допущена одна ошибка / ответ правильный, но не полный; 0 б – остальные случаи
задания открытого типа с кратким ответом	12, 13	3 балла	3 б – полное правильное соответствие; 0 б – остальные случаи.
задания открытого типа с развернутым ответом	14, 15	5 баллов	5 б – полное правильное соответствие; если допущена одна ошибка/неточность / ответ правильный, но не полный - 3 балла; если допущено более одной ошибки / ответ неправильный / ответ отсутствует – 0 баллов

<b>Формируемая компетенция</b>	<b>Индикаторы сформированности компетенции</b>
--------------------------------	--

<p><b>УК-1.</b> Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач</p>	<p><b>ИД-1 ук-1-</b> Знает принципы сбора, отбора и обобщения информации.  <b>ИД-2 ук-1-</b> Умеет соотносить разнородные явления и систематизировать их в рамках избранных видов профессиональной деятельности.  <b>ИД-3 ук-1-</b> Имеет практический опыт работы с информационными объектами и сетью Интернет, опыт научного поиска, опыт библиографического разыскания, создания научных текстов.</p>
--	--

### Тест по дисциплине "Аналитическая химия"

**Инструкция:** Тест состоит из 15 заданий различных форматов, охватывающих основные разделы курса. Внимательно читайте вопросы и инструкции к заданиям.

#### Часть 1. Вопросы с одним правильным ответом

**1. Какой из перечисленных методов относится не к качественному, а к количественному анализу?**

- Проба на катион натрия по окрашиванию пламени
- Обнаружение сульфид-иона по запаху сероводорода
- Определение карбонат-иона по выделению газа с пузырьками
- Гравиметрическое определение сульфат-иона в виде  $\text{BaSO}_4$

**Ответ:** г

**2. Закон действия масс применим к описанию скорости химической реакции. Для реакции  $aA + bB \rightarrow cC$  константа скорости ( $k$ ) связывает скорость реакции с концентрациями реагирующих веществ. Какое выражение для скорости реакции ( $v$ ) будет верным по Закону действия масс?**

- $v = k \cdot [A]^a \cdot [B]^b$
- $v = k \cdot [C]^c$
- $v = k \cdot [A] \cdot [B]$
- $v = k / ([A] \cdot [B])$

**Ответ:** а

**3. Основная цель операции «пробоотбора» в аналитической химии – это:**

- Проведение химического анализа
- Получение средней пробы, представительной для всего объекта
- Уничтожение мешающих примесей
- Концентрирование определяемого компонента

**Ответ:** б

#### Часть 2. Вопросы типа «Верно/Неверно»

**4. Оцените следующие утверждения:**

- Утверждение 1:** Произведение растворимости (ПР) является постоянной величиной для данного малорастворимого электролита при постоянной температуре.

- Утверждение 2:** В гетерогенном процессе, например, осаждения, скорость процесса зависит только от концентрации осаждаемого иона в растворе.

- Оба утверждения верны
- Оба утверждения неверны
- Верно только утверждение 1
- Верно только утверждение 2

**Ответ:** в

**5. Оцените следующие утверждения, касающиеся титриметрического анализа:**

- Утверждение 1:** Точка эквивалентности всегда совпадает с точкой конца титрования, определяемой визуально по индикатору.

- Утверждение 2:** Молярная концентрация эквивалента (нормальная концентрация,  $C_n$ ) учитывает стехиометрию реакции и число эквивалентов вещества.

- а) Оба утверждения верны
- б) Оба утверждения неверны
- в) Верно только утверждение 1
- г) Верно только утверждение 2

**Ответ:** г

•

### Часть 3. Вопросы с несколькими правильными ответами

**6. Какие из перечисленных процессов и явлений широко используются в методах разделения и концентрирования веществ? (Выберите два или более варианта).**

- а) Экстракция
- б) Закон Бойля-Мариотта
- в) Соосаждение
- г) Хроматография
- д) Закон действия масс

**Ответ:** а, в, г

**7. Какие из следующих факторов влияют на величину потенциала в электрохимических методах анализа? (Выберите два или более варианта).**

- а) Температура
- б) Концентрация определяемых ионов в растворе
- в) Атмосферное давление
- г) Природа материала индикаторного электрода

**Ответ:** а, б, г

### Часть 4. Задания на установление соответствия

**8. Установите соответствие между методом анализа и его принципиальной основой:**

Метод анализа	Принципиальная основа
1. Гравиметрия	А. Измерение объема раствора реагента, пошедшего на реакцию с определяемым веществом
2. Спектрофотометрия	Б. Измерение массы вещества после его количественного выделения в чистом виде
3. Потенциометрия	В. Измерение поглощения электромагнитного излучения веществом
4. Хроматография	Г. Измерение разности потенциалов в электрохимической ячейке
	Д. Разделение смеси веществ основанное на разном распределении компонентов между двумя фазами

**Ответ:** 1 – Б, 2 – В, 3 – Г, 4 - Д

**9. Установите соответствие между понятием и его описанием в качественном анализе:**

Понятие	Описание
1. Гидролиз соли	А. Процесс, при котором вещество проявляет как кислотные, так и основные свойства

Понятие	Описание
2. Амфотерность	Б. Взаимодействие ионов соли с водой, приводящее к изменению рН среды
3. Комплексообразование	В. Процесс присоединения к атому-иону (комплексообразователю) нейтральных молекул или других ионов (лигандов)
4. Окисление	Г. Процесс отдачи электронов, сопровождающийся увеличением степени окисления элемента

**Ответ: 1 - Б , 2 - А , 3 - В , 4 - Г**

#### Часть 5. Задания на установление последовательности

**10. Установите правильную последовательность стадий общего гравиметрического анализа:**

- а) Высушивание или прокаливание осадка до постоянной массы
- б) Расчет массы и массовой доли определяемого компонента
- в) Фильтрование и промывание осадка
- г) Осаждение определяемого компонента
- д) Взвешивание полученного осадка

**Ответ: : г), в), а), д), б)**

**11. Расположите этапы системного качественного анализа катионов в правильном порядке:**

- а) Дробное обнаружение ионов в отдельных порциях раствора
- б) Проведение групповых реакций и разделение катионов на аналитические группы
- в) Подготовка раствора пробы к анализу (перевод в раствор)
- г) Подтверждение присутствия каждого катиона с помощью специфических или чувствительных реакций

**Ответ: в), б), а), г)**

#### Часть 6. Задания с коротким ответом

**12. Рассчитайте произведение растворимости (ПР) сульфида цинка (ZnS), если его растворимость (S) в воде при 25°C составляет  $3,6 \cdot 10^{-12}$  моль/л.**

**Ответ:  $1,3 \cdot 10^{-23}$ .**

**13. Какой минимальный объем 0,1 М раствора  $\text{AgNO}_3$  потребуется для осаждения хлорид-ионов из 50 мл 0,05 М раствора  $\text{NaCl}$ ? Реакция:  $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \rightarrow \text{AgCl} \downarrow$ . Расчет провести с точностью до целых мл.**

**Ответ: 25 мл**

#### Часть 7. Задания с развернутым ответом

**14. Объясните, почему системный подход и критический анализ информации необходимы при выборе оптимального метода анализа для определения следовых количеств тяжелых металлов (например, свинца) в сложной объекте, таком как почва. В своем ответе рассмотрите следующие аспекты: пробоотбор, необходимость разделения и концентрирования, выбор финального метода определения и оценка погрешностей.**

**Ответ:**

**1. Пробоотбор:** Почва – неоднородный объект. Необходимо разработать план отбора точечных проб по всей площади, учитывая ее неоднородность, глубину залегания, чтобы получить представительную среднюю пробу. Критический анализ информации о происхождении загрязнения поможет выбрать правильные места отбора.

**2. Пробоподготовка:** Почва имеет сложный матричный состав. Прямое определение свинца невозможно из-за мешающего влияния других компонентов (органические вещества, железо, алюминий и др.). Требуется процедура разложения пробы (например, кислотная минерализация) для перевода свинца в раствор.

**3. Разделение и концентрирование:** Следовые количества Pb необходимо отделить от мешающих ионов и сконцентрировать. Для этого применяют методы, основанные на критическом анализе их эффективности: экстракция хелатов или ионообменная хроматография.

**4. Выбор метода определения:** Конечный метод должен быть высокочувствительным и селективным. На основе синтеза информации о возможностях методов выбирают атомно-абсорбционную спектрометрию (AAS) или масс-спектрометрию с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS). Последняя обладает исключительной чувствительностью и позволяет определять ультрамалые количества.

**5. Оценка погрешностей:** На каждом этапе (пробоотбор, пробоподготовка, анализ) вносятся погрешность. Системный подход позволяет оценить суммарную погрешность и убедиться в достоверности полученных данных, например, используя стандартные образцы почвы.

Таким образом, без системного подхода и критической оценки каждого этапа результат анализа может быть некорректным.

**15. Сравните гравиметрический и титриметрический методы анализа по следующим критериям: точность, чувствительность, трудоемкость, область применения, возможность автоматизации. На основе сравнения сделайте вывод о целесообразности применения каждого метода для решения конкретной аналитической задачи (задачу сформулируйте самостоятельно).**

**Ответ:**

**Задача:** Определение массовой доли сульфат-ионов в природной воде.

Критерий	Гравиметрический метод (осаждение в виде BaSO <sub>4</sub> )	Титриметрический метод (например, осадительное титрование с адсорбционными индикаторами)
Точность	Очень высокая (является абсолютным методом)	Высокая, но обычно ниже, чем у гравиметрии
Чувствительн.	Низкая (пригоден для макроколичеств, >0.1%)	Средняя/высокая (зависит от реакции)
Трудоемкость	Высокая (много операций, длительно)	Средняя/низкая (относительно быстро)
Область примен.	Стандартизация, определение основных компонентов	Рутинный контроль, серийные анализы
Автоматизация	Сложна	Возможна (автоматические титраторы)

**Вывод:** Для поставленной задачи выбор метода зависит от ожидаемой концентрации SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> и цели анализа.

Если вода высокоминерализованная (например, морская), и требуется эталонный, высокоточный результат, **целесообразно использовать гравиметрический метод**, несмотря на его трудоемкость.

Если проводится рутинный контроль питьевой или природной воды с умеренным содержанием сульфатов, где важна скорость и возможность анализа многих проб, **предпочтительнее титриметрический метод** или другие более быстрые методы (например, ионная хроматография).

Формируемая компетенция	Индикаторы сформированности компетенции
<b>ОПК-8.</b> Способен осуществлять педагогическую деятельность на основе специальных научных знаний	<b>ИД-1 опк-8-</b> Знает актуальные проблемы и современные тенденции развития своей науки <b>ИД-2 опк-8</b> Владеет системой фундаментальных знаний в своей научной области. <b>ИД-3 опк-8</b> Имеет практический опыт разрабатывать педагогические сценарии, применяя современные образовательные технологии (проектное обучение, проблемное обучение, кейс-методы и др.).

### Тест по дисциплине "Аналитическая химия"

#### Часть 1: Вопросы с одним правильным ответом

**1. Какой из перечисленных методов относится к методам концентрирования в качественном анализе?**

- а) Гравиметрия
- б) Экстракция
- в) Титриметрия
- г) Потенциометрия

**Ответ: б**

**2. Закон действия масс применим для описания состояния равновесия:**

- а) Только в гомогенных системах
- б) Только в гетерогенных системах
- в) Как в гомогенных, так и в гетерогенных системах (с учетом концентраций в фазе)
- г) Только для окислительно-восстановительных реакций

**Ответ: в**

**3. Основной отличительной чертой гравиметрического метода анализа является:**

- а) Измерение объема реагента, пошедшего на реакцию
- б) Измерение массы вещества, полученного в результате химической реакции
- в) Измерение оптической плотности раствора
- г) Измерение электрической проводимости

**Ответ: б**

#### Часть 2: Задания типа "Верно/Неверно"

**4. Утверждение:** «При гетерогенном равновесии осадок - раствор в выражение константы произведения растворимости (ПР) входят концентрации ионов в осадке»

**Ответ: Неверно**

**5. Утверждение:** «Точка эквивалентности в титриметрии всегда совпадает с конечной точкой титрования, фиксируемой индикатором».

**Ответ: Неверно**

#### Часть 3: Задания с несколькими вариантами ответов

**6. Какие из перечисленных факторов напрямую влияют на величину произведения растворимости (ПР) труднорастворимого электролита? (Выберите два правильных ответа)**

- а) Концентрация ионов в растворе
- б) Температура
- в) Природа растворителя
- г) Наличие инертного электролита
- д) Размер частиц осадка

**Ответ: б, в**

**7. Какие из перечисленных методов основаны на измерении оптических свойств вещества? (Выберите два правильных ответа)**

- а) Потенциометрия
- б) Фотоколориметрия
- в) Хроматография
- г) Рефрактометрия
- д) Кондуктометрия

**Ответ: б, г**

#### **Часть 4: Задания на соответствие**

**8. Установите соответствие между методом анализа и его сущностью:**

Метод анализа	Сущность метода
1. Гравиметрия	А. Разделение смесей основанное на распределении веществ между фазами
2. Хроматография	Б. Измерение массы продукта реакции известного состава
3. Кондуктометрия	В. Измерение электрической проводимости раствора
4. Титриметрия	Г. Измерение объема раствора реагента для полного протекания реакции

**Ответ: 1-Б, 2-А, 3-В, 4-Г**

**9. Установите соответствие между процессом и его влиянием на аналитический сигнал:**

Процесс	Влияние на анализ
1. Гидролиз соли	А. Может маскировать ионы, мешающие определению
2. Комплексообразование	Б. Может приводить к выпадению осадков или изменению рН
3. Окислительно-восстановительная реакция	В. Лежит в основе многих методов обнаружения ионов
4. Образование коллоидной системы	Г. Может мешать фильтрованию и отмыванию осадков

**Ответ: 1-Б, 2-А, 3-В, 4-Г**

#### **Часть 5: Задания на установление последовательности**

**10. Установите правильную последовательность этапов гравиметрического анализа:**

- а) Высушивание или прокаливание осадка
- б) Фильтрование и промывание осадка

- в) Осаждение определяемого компонента
- г) Взвешивание полученного продукта
- д) Расчет массы или массовой доли определяемого вещества

**Ответ: В, Б, А, Г, Д**

**11. Установите правильную последовательность действий при пробоотборе твердого материала:**

- а) Составление протокола отбора проб
- б) Упаковка и маркировка средней пробы
- в) Отбор точечных проб из различных мест
- г) Составление и усреднение объединенной пробы
- д) Квартование и сокращение объединенной пробы до лабораторной

**Ответ: В, Г, Д, Б, А**

#### **Часть 6: Задания с коротким ответом**

**12. Назовите основной закон, являющийся теоретической основой для расчета полноты осаждения в гравиметрическом анализе.**

**Ответ: Произведение растворимости**

**13. Как называется точка в процессе титрования, в которой количество добавленного титранта химически эквивалентно количеству определяемого вещества в пробе?**

**Ответ: Точка эквивалентности**

#### **Часть 7: Задания с развернутым ответом**

**14. Объясните, используя закон действия масс, почему для полного осаждения иона  $Ba^{2+}$  в виде сульфата в аналитической практике используют не  $H_2SO_4$ , а  $(NH_4)_2SO_4$ . Дайте развернутый ответ, учитывая побочные процессы.**

**Ответ:** Использование серной кислоты ( $H_2SO_4$ ) приводит к повышению концентрации ионов  $H^+$  в растворе. Эти ионы водорода связывают сульфат-ионы, образуя малодиссоциированный гидросульфат-ион ( $HSO_4^-$ ):  $H^+ + SO_4^{2-} \rightleftharpoons HSO_4^-$ . Согласно закону действия масс, это равновесие смещается вправо, что приводит к снижению равновесной концентрации свободных ионов  $SO_4^{2-}$ . Поскольку  $[Ba^{2+}][SO_4^{2-}] = K_s(BaSO_4) = const$ , уменьшение  $[SO_4^{2-}]$  ведет к увеличению равновесной концентрации  $[Ba^{2+}]$ , то есть к неполному осаждению бария. Использование сульфата аммония ( $(NH_4)_2SO_4$ ) не вызывает подкисления среды, концентрация  $SO_4^{2-}$  остается высокой, и осаждение проходит практически количественно.

**15. Представьте, что вам нужно объяснить студентам принцип разделения катионов  $Fe^{3+}$  и  $Al^{3+}$  с помощью гидролиза и амфотерности. Составьте краткий план объяснения (3-4 пункта), демонстрирующий педагогический подход к передаче специальных знаний.**

Примерный ответ:

**1. Актуализация опорных знаний:** Напомнить студентам понятия «гидролиз» (смещение рН в сторону кислотной или основной среды) и «амфотерность» (способность проявлять как основные, так и кислотные свойства). Спросить, как ведут себя гидроксиды  $Fe^{3+}$  и  $Al^{3+}$  при добавлении щелочи.

**2. Формирование новой темы на основе эксперимента (мысленного):** Описать опыт – к смеси солей  $Fe^{3+}$  и  $Al^{3+}$  добавляем NaOH. Оба иона образуют нерастворимые гидроксиды. Затем добавляем избыток NaOH. Гидроксид железа (III) не растворяется, а гидроксид алюминия, проявляя амфотерность, переходит в раствор в виде  $[Al(OH)_4]^-$ .

**3. Теоретическое обоснование:** Объяснить, что  $Al(OH)_3$  ведет себя как кислота Льюиса (акцептор  $OH^-$ ), образуя комплекс.  $Fe(OH)_3$  такой способностью в заметной степени не обладает.

4. **Закрепление и вывод:** Сформулировать вывод: разделение основано на различной способности гидроксидов растворяться в избытке щелочи благодаря амфотерности  $Al(OH)_3$ .  $Fe^{3+}$  остается в осадке,  $Al^{3+}$  переходит в раствор.

Формируемая компетенция	Индикаторы сформированности компетенции
ПК-2. Способен осуществлять педагогическую деятельность по профильным предметам	ИД-1 ПК-2- Знает, как разрабатывать и реализовывать учебные программы и планы занятий по профильным предметам ИД-2 ПК-2 Владеет современными педагогическими технологиями и методами обучения для эффективного преподавания профильного предмета. ИД-3 ПК-2 Умеет осуществлять контроль и оценку результатов обучения, анализировать эффективность учебного процесса.

#### Тест по дисциплине "Аналитическая химия"

**Инструкция:** Тест состоит из 15 заданий различных форматов. Внимательно читайте вопросы и инструкции к заданиям. На выполнение теста отводится 90 минут.

##### Часть 1. Задания с выбором одного правильного ответа

1. Какой из перечисленных методов относится к методам концентрирования в аналитической химии?

- а) Титриметрия
- б) Гравиметрия
- в) Экстракция
- г) Спектрофотометрия

**Ответ: в**

2. Закон действия масс применим для описания скорости химической реакции. Какое условие является обязательным для его применения к гетерогенной реакции, например, растворения осадка  $AgCl$ ?

- а) Реакция должна протекать при постоянной температуре
- б) Система должна быть идеальным раствором
- в) Концентрации твердых фаз принимаются постоянными
- г) Реакция должна быть окислительно-восстановительной

**Ответ: в**

3. Основной задачей гравиметрического анализа является:

- а) Определение объема титранта, пошедшего на реакцию с аналитом
- б) Установление качественного состава вещества
- в) Измерение массы вещества, выделенного в чистом виде или в виде соединения известного состава
- г) Разделение сложных смесей на компоненты

**Ответ: в**

##### Часть 2. Задания типа «Верно/Неверно»

4. **Утверждение 1:** Гетерогенные равновесия, в отличие от гомогенных, не подчиняются закону действия масс, так как концентрация твердой фазы равна нулю.

**Утверждение 2:** В выражении для произведения растворимости (ПР)  $Ag_2CO_3$  записывается как  $ПР = [Ag^+]^2[CO_3^{2-}]$ .

- а) Верно, Неверно
- б) Неверно, Верно

- в) Верно, Верно
- г) Неверно, Неверно

**Ответ: б**

**5. Утверждение 1:** Точка эквивалентности в титриметрии всегда совпадает с точкой конца титрования, которую фиксирует индикатор.

**Утверждение 2:** Основное требование к реакции в титриметрии – ее стехиометричность и высокая скорость.

- а) Верно, Неверно
- б) Неверно, Верно
- в) Верно, Верно
- г) Неверно, Неверно

**Ответ: б**

### Часть 3. Задания с несколькими вариантами ответов

**6. Какие из перечисленных факторов напрямую влияют на величину произведения растворимости (ПР) малорастворимого электролита? (Выберите два правильных ответа)**

- а) Природа растворителя
- б) Присутствие в растворе одноименных ионов
- в) Температура
- г) Размер частиц осадка
- д) Наличие инертного электролита (влияние ионной силы)

**Ответ: а, в**

**7. Какие из перечисленных методов разделения и концентрирования основаны на различии в распределении вещества между двумя несмешивающимися фазами? (Выберите два правильных ответа)**

- а) Кристаллизация
- б) Экстракция
- в) Хроматография
- г) Осаждение
- д) Электрофорез

**Ответ: б, в**

### Часть 4. Задания на соответствие

**8. Установите соответствие между методом анализа и его сущностью:**

Метод анализа	Сущность метода
1. Гравиметрия	А. Измерение объема раствора реагента известной концентрации, израсходованного на реакцию с определяемым веществом.
2. Спектрофотометрия	Б. Измерение массы вещества, выделенного в чистом виде или в виде соединения известного состава.
3. Потенциометрия	В. Измерение зависимости оптической плотности раствора от концентрации определяемого вещества.
4. Титриметрия	Г. Измерение электродвижущей силы (ЭДС) гальванического элемента для нахождения концентрации ионов.

**Ответ: 1 - Б, 2 - В, 3 - Г, 4 - А**

**9. Установите соответствие между типом коллоидной системы и ее примером в качественном анализе:**

Тип системы	Пример
1. Золь	А. Образование геля кремневой кислоты $\text{H}_2\text{SiO}_3$ .
2. Гель	Б. Осадок сульфида мышьяка $\text{As}_2\text{S}_3$ , полученный в результате обменной реакции.
3. Эмульсия	В. Осаждение хлорида серебра в присутствии избытка ПАВ.
4. Суспензия	Г. Система "масло-вода" при экстракционном концентрировании.

**Ответ: 1 - Б, 2 - А, 3 - Г, 4 - В**

#### Часть 5. Задания на установление последовательности

**10. Установите правильную последовательность стадий гравиметрического анализа:**

- А) Вычисление массы или массовой доли определяемого компонента.
- Б) Отфильтровывание и промывание осадка.
- В) Осаждение определяемого компонента в виде малорастворимого соединения.
- Г) Высушивание или прокаливание осадка до постоянной массы.
- Д) Взвешивание полученного осадка.

**Ответ: В → Б → Г → Д → А**

**11. Установите правильную последовательность операций при проведении кислотно-основного титрования:**

- А) Точное измерение аликвоты анализируемого раствора.
- Б) Расчет концентрации определяемого вещества.
- В) Выбор и установка индикатора.
- Г) Постепенное приливание титранта из бюретки до изменения окраски индикатора.
- Д) Приготовление стандартного раствора титранта (например,  $\text{HCl}$ ).

**Ответ: Д → А → В → Г → Б**

#### Часть 6. Задания с коротким ответом

**12. Назовите основной закон, который лежит в основе расчета рН буферных растворов. Ответ дайте в виде математического выражения для кислотной буферной системы ( $\text{HA}/\text{A}^-$ ).**

**Ответ: Уравнение Гендерсона-Хассельбаха**

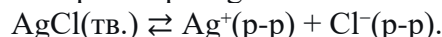
**13. Как называется процесс выделения компонента из сложной смеси путем перевода его в газообразную форму с последующим улавливанием и определением? Приведите один пример такого метода.**

**Ответ: Отгонка**

#### Часть 7. Задания с развернутым ответом

**14. Объясните, почему введение в раствор одноименного иона (например, добавление  $\text{HCl}$  к насыщенному раствору  $\text{AgCl}$ ) уменьшает растворимость осадка. Дайте развернутый ответ, используя закон действия масс и принцип Ле Шателье.**

**Ответ:** Равновесие в насыщенном растворе  $\text{AgCl}$  описывается уравнением:



Константа этого равновесия – произведение растворимости (ПР) – является постоянной величиной при данной температуре:

$$\text{ПР}(\text{AgCl}) = [\text{Ag}^+][\text{Cl}^-] = \text{const.}$$

При добавлении в раствор хлороводородной кислоты ( $\text{HCl}$ ), которая диссоциирует с образованием ионов  $\text{Cl}^-$ , концентрация  $[\text{Cl}^-]$  в растворе резко возрастает. Согласно закону действия масс, для сохранения постоянства величины ПР, система должна сместить равновесие в сторону уменьшения концентраций ионов. Это достигается за счет связывания ионов  $\text{Ag}^+$  в осадок  $\text{AgCl}$ .

Таким образом, равновесие смещается влево, в сторону образования твердой фазы, что приводит к уменьшению концентрации ионов  $\text{Ag}^+$ , то есть к уменьшению растворимости осадка  $\text{AgCl}$ .

С точки зрения принципа Ле Шателье, увеличение концентрации продукта реакции (иона  $\text{Cl}^-$ ) вызывает смещение равновесия в направлении расхода этого продукта, то есть в сторону образования исходного вещества ( $\text{AgCl(тв.)}$ ).

### **15. Разработайте план урока для учащихся 10-11 классов по теме «Окислительно-восстановительное титрование (Перманганатометрия)». В плане укажите:**

**Цели урока** (предметные, метапредметные).

**Основное понятие**, которое будет введено (например, «титрант», «точка эквивалентности»).

**Демонстрационный эксперимент**, который вы проведете (укажите, какие реактивы и какое явление продемонстрируете).

**Одну интерактивную форму работы** с классом для закрепления материала.

**Ответ: Цели урока:**

*Предметные:* сформировать представление о сущности метода перманганатометрии, умение записывать уравнение реакции  $\text{KMnO}_4$  с восстановителем (на примере  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ) в кислой среде и производить расчеты по результатам титрования.

*Метапредметные:* развивать умение наблюдать и объяснять химические явления, анализировать условия протекания реакций.

**Основное понятие:** «Титрант» – раствор реактива известной концентрации (в данном случае,  $\text{KMnO}_4$ ), используемый для титрования.

**Демонстрационный эксперимент:** В колбу для титрования наливаю прозрачный раствор щавелевой кислоты ( $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ), подкисленный  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Начинаю титрование из бюретки фиолетовым раствором  $\text{KMnO}_4$ . Вначале окраска исчезает медленно, по мере приближения к точке эквивалентности – быстрее. В конце титрования одна лишняя капля  $\text{KMnO}_4$  окрашивает раствор в устойчивый розовый цвет. Демонстрирую явление – «самоиндикаторность» перманганата калия.

**Интерактивная форма работы:** Работа в группах. Каждой группе выдается карточка с названием вещества ( $\text{FeSO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ ) и заданием: определить, может ли данное вещество быть проанализировано перманганатометрически, и составить схему электронного баланса для одной из возможных реакций. Затем представители групп защищают свои решения у доски.

## **7 ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ**

**Информационные технологии** – обучение в электронной образовательной среде с целью расширения доступа к образовательным ресурсам, увеличения контактного взаимодействия с преподавателем, построения индивидуальных траекторий подготовки, объективного контроля и мониторинга знаний студентов.

В образовательном процессе по дисциплине используются следующие информационные технологии, являющиеся компонентами Электронной информационно-образовательной среды БГПУ:

- Система электронного обучения ФГБОУ ВО «БГПУ»;
- Система тестирования на основе единого портала «Интернет-тестирования в сфере образования [www.i-exam.ru](http://www.i-exam.ru)»; Создана база тестовых заданий по «Аналитической химии» с помощью программного модуля «Тест-Конструктор», включающего тестовые задания следующих типов:

- с выбором одного правильного ответа из предложенных;
- с выбором нескольких правильных ответов из предложенных;
- на установление правильной последовательности в предложенной совокупности;

- на установление соответствия между объектами двух множеств;
- с кратким ответом (ввод любых символов).
- Электронные библиотечные системы;
- Мультимедийное сопровождение лекций и практических занятий.

## **8 ОСОБЕННОСТИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

При обучении лиц с ограниченными возможностями здоровья применяются адаптивные образовательные технологии в соответствии с условиями, изложенными в разделе «Особенности реализации образовательной программы для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья» основной образовательной программы (использование специальных учебных пособий и дидактических материалов, специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования, предоставление услуг ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь и т. п.) с учётом индивидуальных особенностей обучающихся.

## **9 СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ**

### **9.1 Литература**

1. Васильев, В.П. Аналитическая химия. Лабораторный практикум: учеб.пособие для вузов / В.П. Васильев, Р.П. Морозова, Л.А. Кочергина; под ред. В.П. Васильева. – 3-е изд., стер. – М. : Дрофа, 2006. – 414 с. (29 экз).
2. Харитонов, Ю.Я. Аналитическая химия (аналитика): учебник для вузов. В 2 кн. Кн. 1. Общие теоретические основы. Качественный анализ. – 5-е изд. – М. : Высш. шк., 2010. – 615 с., ил. (29 экз).
3. Харитонов, Ю.Я. Аналитическая химия (аналитика): учебник для вузов. В 2 кн. Кн. 2. Количественный анализ. Физико-химические (инструментальные) методы анализа.– 5-е изд. – М. : Высш. шк., 2010. – 559 с., ил. (31 экз).
4. Аналитическая химия : учеб. пособие для бакалавров / Т. И. Хаханина, Н. Г. Никитина. - 3-е изд., испр. и доп. - М. : Юрайт, 2014. (10 экз.)
5. Васильев, В.П. Аналитическая химия: учебник для студ. вузов, обучающихся по хим.-технол. спец. В 2 кн. Кн.1. Гравиметрические и титриметрические методы анализа / В.П. Васильев. – 5-е изд., стер. – М.: Дрофа, 2005. - 366 с. (28 экз).
6. Васильев, В.П. Аналитическая химия: учебник для студ. вузов, обучающихся по хим.-технол. спец. В 2 кн. Кн.2: Физико-химические методы анализа / В.П. Васильев.- 5-е изд., стер. – М. : Дрофа, 2005.- 383 с. (28 экз).
7. Воскресенский, А.Г. Сборник задач и упражнений по аналитической химии / А.Г. Воскресенский [и др.]. – М. : Просвещение, 1985. – 176 с. (15 экз.).
8. Основы аналитической химии. В 2 кн. Кн.1. Общие вопросы. Методы разделения / под ред. Ю.А. Золотова. – М.: Высш. шк., 1996. – 383 с. (33 экз).
9. Основы аналитической химии. В 2 кн. Кн. 2. Методы химического анализа. / под ред. Ю.А. Золотова. – М.: Высш. шк., 1996. – 461 с. (34 экз).
10. Логинов, Н.Я. Аналитическая химия / Н.Я. Логинов, А.Г. Воскресенский, Н.С. Солодкин. – М. : Просвещение, 1979. – 480 с. (25 экз.).
11. Лурье, Ю.Ю. Справочник по аналитической химии / Ю.Ю. Лурье. – М. : Химия, 1989. – 380 с. (1 экз).

### **9.2 Базы данных и информационно-справочные системы**

1. Сайт о химии <http://www.xumuk.ru/>
2. Каталог образовательных интернет-ресурсов <http://www.edu.ru>
3. Популярная библиотека химических элементов  
<https://web.archive.org/web/20161021151915/http://n-t.ru/ri/ps/>
4. Электронная библиотека по химии МГУ <http://www.chem.msu.su/rus/elibrary/>

### **9.3 Электронно-библиотечные ресурсы**

1. Polpred.com ОбзорСМИ/Справочник [http:// polpred.com/news](http://polpred.com/news).
2. ЭБС «Юрайт» <https://urait.ru/>.

## 10 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА

Для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются аудитории, оснащённые учебной мебелью, аудиторной доской, компьютером(рами) с установленным лицензионным специализированным программным обеспечением, коммутатором для выхода в электронно-библиотечную систему и электронную информационно-образовательную среду БГПУ, мультимедийными проекторами, экспозиционными экранами, учебно-наглядными пособиями (карты, таблицы, мультимедийные презентации).

Для проведения практических занятий также используется: Лаборатория аналитической химии, оснащенная следующим оборудованием:

- Комплект мебели аудиторной
- Компьютер с установленным лицензионным специализированным программным обеспечением (1 шт.)
- Мультимедийный проектор (1 шт.)
- Экспозиционный экран (навесной) (1 шт.)
- Анализатор АНИОН-7051 (1 шт.)
- Весы аналитические VIBRANT-84RCE (2 шт.)
- Жидкостная хроматографическая система с кондуктометрическим детектированием «Джетхром» (1 шт.)
- Прибор для получения особо чистой деонизованной воды «Водолей» (1 шт.)
- Комплекс аппаратно-программный на базе хроматографа «Кристалл 2000М» (1 шт.)
- Кондуктометр «Анион 4120» (1 шт.)
- Насос вакуумный-компрессор (мини) PortlabN86 КТЕ (1 шт.)
- Устройство для фильтрации и дегазации растворов АНО-1566 «Phenomenex» (1 шт.)
- Центрифуга лабораторная ОПН-4 (с ротором) (1 шт.)
- Весы ВЛР-200 (аналитические) (2 шт.)
- Весы ВЛР-200Г (с гирями) (1 шт.)
- Весы ЕК-400Н (Эй энд Ди)(0,01 г.) (1 шт.)
- Весы торсионные ВТ-100 (технические) (1 шт.)
- Вытяжной зонт (1 шт.)
- Иономер И130 2М.1 (1 шт.)
- Комплекс вольтамперометрический СТА (1 шт.)
- Микроскоп МБС-10 (1 шт.)
- Шкаф сушильный (1 шт.)
- Муфельная печь (ПМ-8) (1 шт.)
- Аквадистиллятор (ДЭ-4-2М) (1 шт.)
- Комплекс пробоподготовки «Термос-экспресс» ТЭ1 (1 шт.)
- Фотометр КФКЗКМ (1 шт.)
- Пробоотборная система ПЭ-1420 (1 шт.)
- Фторопласт пробоотб. система ПЭ-1320 (1 шт.)
- Центрифуга (1 шт.)
- Эксикатор (2 шт.)
- Штатив ШЛ – 01 «ЛАБ» (7 шт.)
- Магнитная мешалка П-Э-6100 (1 шт.)
- Лодка «Айгуль» (1 шт.)
- Ледоруб (1 шт.)
- К-т ареометр учебный (1 шт.)

- Радиатор масляный (1 шт.)
- Электроплита (1 шт.)
- Электротепловентилятор (1 шт.)
- Принтер лазерный (1 шт.)

Самостоятельная работа студентов организуется в аудиториях оснащенных компьютерной техникой с выходом в электронную информационно-образовательную среду вуза, в специализированных лабораториях по дисциплине, а также в залах доступа в локальную сеть БГПУ, в лаборатории психолого-педагогических исследований и др.

Используемое программное обеспечение: Microsoft®WINEDUperDVC AllLNg Upgrade/SoftwareAssurancePack Academic OLV 1License LevelE Platform 1Year; Microsoft®OfficeProPlusEducation AllLNg License/SoftwareAssurancePack Academic OLV 1License LevelE Platform 1Year; Dr.Web Security Suite; Java Runtime Environment; Calculate Linux.

**Разработчик:** Панова Л. П., кандидат химических наук, доцент.

**11 ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ И ДОПОЛНЕНИЙ****Утверждение изменений и дополнений в РПД для реализации в 2024/2025 уч. г.**

Рабочая программа дисциплины пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024/2025 учебном году на заседании кафедры (протокол № 8 от 30 мая 2024 г.).

**Утверждение изменений и дополнений в РПД для реализации в 2025/2026 уч. г.**

Рабочая программа дисциплины пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2025/2026 учебном году на заседании кафедры (протокол № 6 от 26 марта 2025 г.). В РПД внесены следующие изменения и дополнения:

№ изменения: 1	
№ страницы с изменением: 59-60	
В Раздел 9 внесены изменения в список литературы, в базы данных и информационно-справочные системы, в электронно-библиотечные ресурсы. Указаны ссылки, обеспечивающие доступ обучающимся к электронным учебным изданиям и электронным образовательным ресурсам с сайта ФГБОУ ВО «БГПУ».	