

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Смоленский государственный университет»

Кафедра экологии и химии

*«Утверждаю»*

Проректор по учебно-  
методической работе

\_\_\_\_\_ Ю.А. Устименко

«09» сентября 2021 г.

**Рабочая программа дисциплины  
Б1.О.31 «Аналитическая химия»**

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

Направленность: **Биология, Химия**

Форма обучения очная

Курс – 3

Семестр – 5, 6

Всего зачетных единиц – 6; часов – 216

Форма отчетности: экзамен – 5 семестр; зачет – 6 семестр

Программу разработала  
к.п.н., доцент Журова В.Г.

Одобрена на заседании кафедры  
«02» сентября 2021 г., протокол № 1

Заведующий кафедрой

М.Ю. Гильденков

Смоленск  
2021

## 1. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина Б1.О.31 «Аналитическая химия» относится к блоку Б1 обязательной части образовательной программы по направлению подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (уровень бакалавриата), направленность: Биология и Химия.

Имеет тесные связи со всеми дисциплинами химического цикла. Дисциплина «Аналитическая химия» является предшествующей для некоторых обязательных дисциплин и дисциплин по выбору вариативной части ОП и взаимодействует в большей или меньшей степени с такими дисциплинами как «Биологическая химия», «Химические основы питания».

Дисциплина «Аналитическая химия» по данному направлению подготовки формирует знания теоретических основ химического анализа и областей его применения, исходя из характеристик того или иного метода; умения выбирать метод анализа для решения конкретной аналитической задачи.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индикаторы достижения
<b>ПК-6.</b> Способен использовать научные знания в области химии, владеть навыками опытно-экспериментальной деятельности по химии в процессе формирования предметной компетенции обучающихся в рамках реализации основной общеобразовательной программы	<b>Знать:</b> основные методы анализа веществ, их сущность, теоретические основы и области применения или теоретические основы химического анализа, которые позволяют определить качественный состав анализируемого объекта и дать количественную оценку содержащихся в нем компонентов. <b>Уметь:</b> излагать и интерпретировать химическую информацию, подкреплять теоретические положения конкретными фактами; организовывать, проводить химический эксперимент и обрабатывать его результаты. <b>Владеть:</b> методами безопасного обращения с химическими реагентами с учетом их физических и химических свойств.

## 3. Содержание дисциплины

### Раздел 1. Предмет и методы аналитической химии

Предмет аналитической химии, ее структура. Методологические аспекты аналитической химии; ее место в системе наук, связь с практикой. Значение аналитической химии в развитии естествознания, техники, экономики. Основные аналитические проблемы: снижение предела обнаружения; повышение точности и избирательности, экспрессности анализа; анализ без разрушения; локальный анализ; дистанционный анализ. Виды анализа: изотопный, элементный, структурно-групповой (функциональный), молекулярный, вещественный, фазовый. Химические, физические и биологические методы анализа. Макро-, микро- и ультрамикрoанализ.

Основные этапы развития аналитической химии. Современное состояние и тенденции развития аналитической химии: инструментализация, автоматизация, математизация, миниатюризация, увеличение доли физических методов, переход к многокомпонентному анализу, создание сенсоров и тест-методов.

### Раздел 2. Метрологические основы химического анализа

Основные метрологические понятия и представления: измерение, методы и

средства измерений, метрологические требования к результатам измерений, основные принципы и способы обеспечения достоверности результатов измерений, погрешности. Основные стадии химического анализа. Выбор метода анализа и составление схем анализа. Аналитический сигнал и помехи.

Основные характеристики метода анализа: правильность и воспроизводимость, коэффициент чувствительности, предел обнаружения, нижняя и верхняя границы определяемых содержаний. Классификация погрешностей анализа. Систематические и случайные погрешности. Погрешности отдельных стадий химического анализа. Способы оценки правильности: использование стандартных образцов, метод добавок, метод варьирования навесок, сопоставление с другими методами. Стандартные образцы, их изготовление, аттестация и использование. Способы оценки правильности. Требования к метрологической оценке в зависимости от объекта и цели анализа. Способы повышения воспроизводимости и правильности анализа.

### **Раздел 3. Типы химических реакций и процессов в аналитической химии**

Основные типы химических реакций в аналитической химии: кислотно-основные, комплексообразования, окисления-восстановления. Используемые процессы: осаждение-растворение, экстракция, сорбция. Константы равновесия реакций и процессов. Состояние веществ в идеальных и реальных системах. Структура растворителей и раствора. Сольватация, ионизация, диссоциация. Поведение электролитов и неэлектролитов в растворах. Коэффициенты активности. Концентрационные константы. Описание сложных равновесий. Общая и равновесная концентрации. Условные константы.

### **Раздел 4. Методы обнаружения и идентификации**

Задачи и выбор метода обнаружения и идентификации атомов, ионов и химических соединений. Дробный и систематический анализ. Физические методы обнаружения и идентификации неорганических и органических веществ. Микрорентгенофлуоресцентный анализ, пирохимический анализ (окрашивание пламени, возгонка, образование перлов). Анализ растиранием порошков. Хроматографические методы качественного анализа. Экспрессный качественный анализ в заводских и полевых условиях. Примеры практического применения методов обнаружения.

### **Раздел 5. Методы разделения и концентрирования**

Основные методы разделения и концентрирования, их роль в химическом анализе, выбор и оценка. Сочетание методов разделения и концентрирования с методами определения; гибридные методы. Одноступенчатые и многоступенчатые процессы разделения.

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

Методы осаждения и соосаждения. Применение неорганических и органических реагентов для осаждения. Способы разделения осаждением либо растворением при различных значениях рН, за счет образования комплексных соединений и применения окислительно-восстановительных реакций. Групповые реагенты и предъявляемые к ним требования. Характеристики малорастворимых соединений, наиболее часто используемых в анализе. Концентрирование микроэлементов соосаждением на неорганических и органических носителях (коллекторах).

## **Раздел 6. Гравиметрический метод анализа**

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

## **Раздел 7. Титриметрические методы анализа**

Методы титриметрического анализа. Классификация. Требования, предъявляемые к реакции в титриметрическом анализе. Виды титриметрических определений. Способы выражения концентраций растворов в титриметрии. Эквивалент, молярная масса эквивалента, молярная концентрация. Первичные и вторичные стандарты. Фиксаналы.. Точка эквивалентности. Способы определения конечной точки титрования в различных методах.

Кислотно-основное титрование. Построение кривых титрования. Влияние величины констант кислотности или основности, концентрации кислот или оснований, температуры на характер кривых титрования. Кислотно-основное титрование в неводных средах. Кислотно-основные индикаторы. Погрешности титрования при определении сильных и слабых кислот и оснований, многоосновных кислот и оснований.

Примеры практического применения. Первичные стандарты для установления концентрации растворов кислот и оснований. Приготовление и стандартизация растворов соляной кислоты и гидроксида натрия. Титрование кислот, оснований, смесей кислот и смесей оснований. Анализ смесей карбоната и гидрокарбоната натрия, карбоната и гидроксида натрия.

Окислительно-восстановительное титрование. Построение кривых титрования. Влияние концентрации ионов водорода, комплексообразования, ионной силы раствора на характер кривых титрования. Способы определения конечной точки титрования. Погрешности титрования. Методы окислительно-восстановительного титрования. Перманганатометрия. Иодометрия и иодиметрия. Первичные и вторичные стандарты. Используемые индикаторы. Определение неорганических и органических соединений.

Осадительное титрование. Способы определения конечной точки титрования; индикаторы. Погрешности титрования. Примеры практического применения. Методы Фольгарда, Фаянса и Мора.

Комплексометрическое титрование. Неорганические и органические титранты в комплексометрии. Использование аминокислот в комплексометрии. Построение кривых титрования. Металлохромные индикаторы и требования, предъявляемые к ним. Способы комплексометрического титрования: прямое, обратное, косвенное. Примеры практического применения.

## **Раздел 8. Теория и практика пробоотбора и пробоподготовки**

Представительность пробы; взаимосвязь с объектом и методом анализа. Факторы, обуславливающие размер и способ отбора представительной пробы. Отбор проб гомогенного и гетерогенного состава. Способы получения средней пробы твердых, жидких и газообразных веществ; устройства и приемы, используемые при этом; первичная обработка и хранение проб; дозирующие устройства.

Основные способы перевода пробы в форму, необходимую для данного вида анализа: растворение в различных средах; спекание, сплавление, разложение под действием высоких температур, давления, высокочастотного разряда; комбинирование различных приемов; особенности разложения органических соединений. Способы устранения и учета загрязнений и потерь компонентов при пробоподготовке.

## Раздел 9. Основные объекты анализа

Объекты окружающей среды: воздух, природные и сточные воды, атмосферные осадки, почвы, донные отложения. Характерные особенности и задачи их анализа.

Биологические и медицинские объекты. Аналитические задачи в этой области. Санитарно-гигиенический контроль.

Геологические объекты. Анализ силикатов, карбонатов, железных, никель-кобальтовых руд, полиметаллических руд.

Металлы, сплавы и другие продукты металлургической промышленности. Определение черных, цветных, редких, благородных металлов и анализ их сплавов. Анализ неметаллических включений и определение газообразующих примесей в металлах. Контроль металлургических производств.

Неорганические соединения. Вещества особой чистоты (в том числе полупроводниковые материалы, материалы высокотемпературной сверхпроводимости); определение в них примесных и легирующих микроэлементов. Послойный и локальный анализ кристаллов и пленочных материалов.

Природные и синтетические органические вещества и элементоорганические соединения, полимеры. Виды анализа таких объектов и соответствующие методы.

Специальные объекты анализа: токсичные и радиоактивные вещества, токсины в пищевых продуктах, наркотики, взрывчатые и легковоспламеняющиеся вещества, газы.

## 4. Тематический план

№ п/п	Тема	Всего (часов)	Аудиторные занятия (часов)		Самостоятельная работа (часов)
			В том числе		
			Лекции	Лабораторные	
5 семестр					
1	Предмет и методы аналитической химии	9	2	2	5
2	Метрологические основы химического анализа	14	2	-	12
3	Типы химических реакций и процессов в аналитической химии	24	6	6	12
4	Методы обнаружения и идентификации	42	4	26	12
5	Методы разделения и концентрирования	28	2	14	12
	Подготовка к экзамену	27	-	-	27
	Итого за 5 семестр	144	16	48	80
6 семестр					
6	Гравиметрический метод анализа	16	2	4	10
7	Титриметрические методы анализа	36	8	18	10
8	Теория и практика пробоотбора и пробоподготовки	8	2	2	4
9	Основные объекты анализа	12	-	2	10
	Итого за 6 семестр	72	12	26	34
	<b>ИТОГО:</b>	<b>216</b>	<b>28</b>	<b>74</b>	<b>87</b>

## 5. Виды образовательной деятельности

### Занятия лекционного типа

Темы лекций:

1. Аналитическая химия, ее задачи и методы.
2. Виды анализа. Этапы анализа.
3. Титриметрические методы анализа.
4. Кислотно-основное равновесие.
5. Кислотно-основное титрование.
6. Комплексные соединения в аналитической химии.
7. Комплексонометрическое титрование.
8. Окислительно-восстановительное титрование.
9. Скорость реакций в аналитической химии.
10. Титрование по методу осаждения.
11. Гравиметрические методы анализа.
12. Методы разделения и концентрирования.
13. Пробоотбор и пробоподготовка.
14. Метрологические основы аналитической химии.

Содержание лекционного материала отражено в п. 3 данной программы.

### **Лабораторные работы**

Лабораторный практикум осуществляется в специализированных лабораториях, оснащенных оборудованием, приборами и химическими реактивами, обеспечивающими проведение каждого вида анализа. Для проведения занятий по данному курсу необходимо иметь: весы (технические и аналитические), муфельную печь, рН-метры, милливольтметры, полярографы, хроматографы, спектрофотометры и др.

Выполнению работы предшествует устный опрос теории работы и собеседование по методике ее проведения, принципу работы лабораторной установки и входящих в нее приборов и устройств.

После выполнения работы студенты составляют отчет по лабораторной работе, обязательно включающий раздел, где анализируются и объясняются полученные результаты.

Итогом работы является защита полученных в ней результатов, защита проводится устно или письменно, но обязательно индивидуально.

Отчеты по лабораторным работам составляются каждым студентом. Темы лабораторных занятий сообщаются студентам заранее.

*Перечень лабораторных работ (каждая работа – 2 ч.):*

1. Оборудование и основные операции по качественному химическому полумикроанализу.
2. Частные реакции на катионы 1 группы.
3. Частные реакции на катионы 2 группы.
4. Решение контрольной задачи на смесь катионов 1-2 групп.
5. Частные реакции на катионы 3 группы (первая подгруппа).
6. Частные реакции на катионы 3 группы (вторая подгруппа).
7. Решение контрольной задачи на смесь катионов 1-3 группы.
8. Решение расчетных задач.
9. Частные реакции на катионы 4 группы (подгруппа меди).
10. Частные реакции на катионы 4 группы (подгруппа мышьяка)
11. . Решение контрольной задачи на смесь катионов 4 группы.
12. Частные реакции на катионы 5 группы.

13. Решение контрольной задачи на смесь катионов 4-5 групп.
14. Решение контрольной задачи на смесь катионов 1-5 групп.
15. Частные реакции на анионы 1 группы.
16. Частные реакции на анионы 2 группы.
17. Частные реакции на анионы 3 группы.
18. Решение расчетных задач.
19. Решение контрольной задачи на смесь анионов.
20. Анализ сухой соли.
21. Решение расчетных задач.
22. Определение содержания кристаллизационной воды в кристаллогидратах.
23. Определение содержания хлорида бария в образцах.
24. Приготовление рабочего титрованного раствора соляной кислоты.
25. Определение гидроксида и карбоната натрия при совместном присутствии.
26. Приготовление рабочего титрованного раствора щелочи.
27. Определение карбонатной жесткости воды.
28. Определение кислотности молока.
29. Определение общей жесткости водопроводной воды.
30. Приготовление рабочего раствора  $KMnO_4$
31. Установление титра рабочего раствора  $KMnO_4$
32. . Приготовление рабочего раствора тиосульфата натрия.
33. Установление титра рабочего раствора тиосульфата натрия.
34. Фотометрическое определение железа (меди) в растворах.
35. Рефрактометрическое определение содержание сахарозы в растворах.
36. Определение содержания глюкозы в растворе на поляриметре.
37. Разделение железа и кобальта методом хроматографии на бумаге.

Методические рекомендации к лабораторным работам хранятся в кабинете:

Козлова Л.Т. Аналитическая химия : практическое руководство по количественному анализу для студ. вузов по спец. "Биология с доп. спец. химия" и "Экология" / Л. Т. Козлова ; Федер. агентство по образованию, Смол. гос. ун-т .— 3-е изд., перераб. и доп. — Смоленск : СмолГУ, 2008 .— 110 с.;

Хаханина Т. И.. Аналитическая химия : учебное пособие для студентов вузов / Т. И. Хаханина, Н.Г. Никитина .— 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Юрайт : Высшее образование, 2010 .— 278 с.

### **Самостоятельная работа**

Самостоятельная работа студентов осуществляется в процессе подготовки к лабораторным занятиям, зачетам и экзамену, а также в процессе выполнения расчетных задач и контрольной работы. Включает изучение учебной и методической литературы, в т.ч. поиск информации в электронных сетях и базах данных, подготовку докладов-презентаций.

### **Вопросы для проверки знаний по результатам самостоятельной работы**

#### **Раздел 1. Предмет и методы аналитической химии**

1. Основные понятия аналитической химии.
2. Аппаратура и техника выполнения химического полумикроанализа.
3. Виды анализа: изотопный, элементный, структурно-групповой (функциональный), молекулярный, вещественный, фазовый.
4. Химические, физические и физико-химические методы анализа.

#### **Раздел 2. Метрологические основы химического анализа**

1. Основные метрологические понятия
2. Основные характеристики метода анализа
3. Классификация погрешностей анализа
4. Способы оценки правильности

**Раздел 3.** Типы химических реакций и процессов в аналитической химии

1. Основные типы химических реакций в аналитической химии
2. Осаждение-растворение, экстракция, сорбция.
3. Константы равновесия

**Раздел 4.** Методы обнаружения и идентификации

1. Дробный и систематический анализ.
2. Микрористаллоскопический анализ, пирохимический анализ (окрашивание пламени, возгонка, образование перлов).
3. Анализ растиранием порошков.
4. Хроматографические методы качественного анализа

**Раздел 5.** Методы разделения и концентрирования

1. Одноступенчатые и многоступенчатые процессы разделения.
2. Методы экстракции.
3. Природа и характеристика экстрагентов.
4. Методы осаждения и соосаждения.
5. Применение неорганических и органических реагентов для осаждения

**Раздел 6.** Гравиметрический метод анализа

1. Сущность гравиметрического анализа, преимущества и недостатки метода.
2. Прямые и косвенные методы определения.
3. Важнейшие органические и неорганические осадители.
4. Общая схема определений.
5. Требования к осаждаемой и гравиметрической формам

**Раздел 7.** Титриметрические методы анализа

1. Виды титриметрических определений.
2. Способы выражения концентраций растворов в титриметрии
3. Точка эквивалентности. Способы определения конечной точки титрования в различных методах.
4. Кислотно-основное титрование
5. Окислительно-восстановительное титрование.
6. Осадительное титрование.
7. Комплексометрическое титрование.

**Раздел 8.** Теория и практика пробоотбора и пробоподготовки

1. Отбор проб гомогенного и гетерогенного состава.
2. Способы получения средней пробы твердых, жидких и газообразных веществ.
3. Основные способы перевода пробы в форму, необходимую для данного вида анализа.

**Раздел 9.** Основные объекты анализа

1. Характерные особенности и задачи анализа объектов окружающей среды.
2. Специальные объекты анализа.
3. Вещества особой чистоты.



Большинство тем, вынесенных на самостоятельное изучение, уже рассматривались в курсе неорганической химии, например, реакции комплексообразования, окислительно-восстановительные реакции; в курсе физической химии и т.д. Поэтому студентам необходимо повторить по имеющимся конспектам данные вопросы, а затем изучить их по учебной литературе по аналитической химии. Контроль за самостоятельной работой студентов осуществляется на занятиях в виде фронтального опроса, контрольных работ и др.

## 6. Критерии оценивания результатов освоения дисциплины

### 6.1. Оценочные средства и критерии оценивания для текущей аттестации

#### 1. Выполнение лабораторной работы.

Требования к оформлению лабораторной работы.

Лабораторные работы выполняются в специальной тетради. Должны быть записаны порядковый № и тема работы, оборудование, ход выполнения работы, сделаны выводы. Оформление работы осуществляется в соответствии с методическими рекомендациями к лабораторной работе и с учетом рекомендаций преподавателя.

#### *Пример оформления лабораторной работы*

#### Лабораторная работа №3 «Частные реакции на катионы 2 группы»

*Цель работы:* изучение характерных реакций наиболее распространенных катионов.

*Оборудование:* пробирки, держатель, спиртовка, фильтровальная бумага, индикаторная бумага, стеклянные палочки, соли магния, соли бария, соли кальция, соли стронция, гидрофосфат натрия, гидроксид натрия, карбонат аммония, серная кислота, дихромат калия, гипсовая вода, оксалат аммония, гексацианоферрат (II) калия.

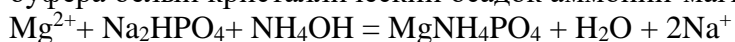
#### *Ход работы*

*Ко второй аналитической группе* катионов относятся:  $Mg^{+2}$ ,  $Ca^{+2}$ ,  $Ba^{+2}$ ,  $Sr^{+2}$

Групповой реагент – карбонат аммония дает с ионами второй группы белые осадки, растворимые в кислотах. Перед осаждением катионов второй группы к раствору приливают раствор аммиака до появления запаха (или до щелочной реакции), а затем немного хлорида аммония. Катионы второй группы образуют

#### Опыт №1. Реакции ионов магния

а) Гидрофосфат натрия  $Na_2HPO_4$  образует с ионами  $Mg^{2+}$  в присутствии аммиачного буфера белый кристаллический осадок аммоний-магниев-фосфата.



Выполнение: к 2 каплям анализируемого раствора добавляют 2 капли раствора  $NH_3$  и 1-2 капли раствора гидрофосфата натрия.

б) Едкие щелочи образуют с ионами магния белый аморфный осадок гидроксида магния. Реакция может быть использована для отделения ионов магния, поскольку гидроксиды остальных металлов первой группы растворимы в воде.

#### Опыт №2. Реакции ионов кальция

а) Действие группового реагента - карбоната аммония.

б) Образуют белый осадок при реакции с растворимыми сульфатами в сравнительно

концентрированных растворах солей кальция.

в) Ионы кальция окрашивают пламя в кирпично-красный цвет.

г) Гексацианоферрат (II) калия  $K_4[Fe(CN)_6]$  дает с ионами кальция белый осадок, нерастворимый в уксусной кислоте.

д) Микрорекристаллоскопическая реакция.

#### Опыт №3. Реакции катионов бария

а) Образуют желтый осадок хромата бария  $BaCrO_4$  при действии на анализируемый раствор бихроматом калия в нейтральной или уксуснокислой среде. Реакция специфична для ионов  $Ba^{2+}$ .

б) Ионы бария окрашивают пламя в желто-зеленый цвет.

в) Серная кислота и растворимые сульфаты дают с ионами бария белый осадок сульфата бария, нерастворимый в кислотах.

г) Оксалат аммония образует с ионами бария белый осадок, растворимый в соляной и азотной кислотах.

д) Действие группового реагента.

#### Опыт №4. Реакции катионов стронция

а) Действие группового реагента

б) Гипсовая вода, т.е. насыщенный водный раствор гипса дает с ионами стронция осадок (мут) сульфата стронция. Нагревание ускоряет образование мути.

в) Серная кислота и растворимые сульфаты дают с ионами стронция белый осадок, практически нерастворимый в кислотах.

г) Гидрофосфат натрия  $Na_2HPO_4$  образует с ионами стронция белый осадок гидрофосфата стронция, растворимый в кислотах, в том числе уксусной.

д) Ионы стронция окрашивают пламя в карминово-красный цвет.

*Результаты проведенных опытов занесите в таблицу. Сделайте вывод по итогам работы.*

Лабораторная работа зачтена если: лабораторная работа выполнена в соответствии с методическими рекомендациями; опыты проведены правильно и корректно; выводы соответствуют поставленным вопросам; работа оформлена в тетрадь.

Перед выполнением лабораторной работы проводится письменный и (или) устный опрос по вопросам из раздела «Самостоятельная работа», которые являются частью подготовки к экзамену по дисциплине.

#### *Критерии оценивания:*

– оценка 5 «отлично» выставляется, если полно раскрыто содержание материала в объеме поставленного вопроса, четко и правильно даны определения и раскрыто содержание понятий, верно использованы научные термины, для доказательства излагаемого использованы различные умения, выводы из наблюдений и опытов, самостоятельно и правильно проведен подбор необходимого оборудования, ответ самостоятельный, использованы ранее приобретенные знания;

– оценка 4 «хорошо» выставляется, если раскрыто основное содержание материала, в основном даны правильно определения понятий и использованы научные термины, ответ самостоятельный, определения понятий неполные, допущены незначительные нарушения последовательности изложения, небольшие неточности при использовании научных терминов или в выводах и обобщениях;

– оценка 3 «удовлетворительно» выставляется, если основное содержание

материала в объеме поставленного вопроса изложено фрагментарно, не всегда последовательно, определения понятий недостаточно четкие, не использованы в качестве доказательства выводы и обобщения из наблюдений и опытов или допущены ошибки при их изложении, допущены ошибки и неточности в использовании научной терминологии, определении понятий;

– оценка 2 «неудовлетворительно» выставляется, если основное содержание материала в объеме поставленного вопроса не раскрыто, не даны ответы на вспомогательные вопросы преподавателя, допущены грубые ошибки в определении понятий, при использовании терминологии.

## 2. Тестирование

*Пример тестового задания*

1. К методу оксидиметрии можно отнести:  
А) комплексометрия;  
Б) перманганатометрия;  
В) броматометрия;  
Г) иодометрия
2. В основе метода оксидиметрии лежат .....
3. Метод перманганатометрии основан на.....
4. Индикатором в перманганатометрии служит:  
А) перманганат калия;  
Б) перманганат натрия;  
В) перманганат кальция;  
Г) марганцовка
5. Грамм-эквивалент окислителей рассчитывают по формуле:  
А)  $\Gamma\text{- экв}_{\text{окислитель}} = \frac{\text{Молекулярная масса}}{\text{Количество отданных электронов}}$ .  
Б)  $\Gamma\text{- экв}_{\text{окислитель}} = \frac{\text{Молекулярная масса}}{\text{Количество принятых электронов}}$ .  
В)  $\Gamma\text{- экв}_{\text{окислитель}} = \frac{\text{Молекулярная масса}}{\text{Валентность элемента}}$ .  
Г)  $\Gamma\text{- экв}_{\text{окислитель}} = \frac{\text{Молекулярная масса}}{\text{Количество электронов}}$ .
6. Грамм-эквивалент восстановителей рассчитывают по формуле:  
А)  $\Gamma\text{- экв}_{\text{восстановитель}} = \frac{\text{Молекулярная масса}}{\text{Количество отданных электронов}}$ .  
Б)  $\Gamma\text{- экв}_{\text{восстановитель}} = \frac{\text{Молекулярная масса}}{\text{Количество принятых электронов}}$ .  
В)  $\Gamma\text{- экв}_{\text{восстановитель}} = \frac{\text{Молекулярная масса}}{\text{Валентность элемента}}$ .  
Г)  $\Gamma\text{- экв}_{\text{восстановитель}} = \frac{\text{Молекулярная масса}}{\text{Количество электронов}}$ .
7. Приёмы титрования в перманганатометрии:  
А) прямое титрование;  
Б) обратное титрование;  
В) замещённое титрование
8. Практически можно определить, что марганец в растворе имеет заряд (+2) если раствор окрашен:  
А) в красно-фиолетовый цвет;

- Б) в коричневый цвет;  
В) раствор прозрачный
9. Практически можно определить, что марганец в растворе имеет заряд (+4) если раствор окрашен:  
А) в красно-фиолетовый цвет;  
Б) в коричневый цвет;  
В) раствор прозрачный
10. Практически можно определить, что марганец в растворе имеет заряд (+7) если раствор окрашен:  
А) в красно-фиолетовый цвет;  
Б) в коричневый цвет;  
В) раствор прозрачный
11. Рабочий раствор перманганата калия растворяют в горячей воде потому что .....
12. Поправку перманганата калия определяют через ....., потому что.....
13. Рассчитать, сколько г перманганата калия необходимо для приготовления 200 мл 0.01 Н раствора, если  $n(\text{KMnO}_4) = 5$   
А) 0.1054 г  
Б) 0.316 г  
В) 0.0362 г
14. Рассчитать, сколько г перманганата калия необходимо для приготовления 200 мл 0.01 Н раствора, если  $n(\text{KMnO}_4) = 1$   
А) 0.1054 г  
Б) 0.316 г  
В) 0.0362 г
15. Рассчитать, сколько г перманганата калия необходимо для приготовления 200 мл 0.01 Н раствора, если  $n(\text{KMnO}_4) = 3$   
А) 0.1054 г  
Б) 0.316 г  
В) 0.0362 г

*Критерии оценивания теста:*

- «Отлично» – 14-15 правильных ответов;  
«Хорошо» – 12-13 правильных ответов;  
«Удовлетворительно» – 8-11 правильных ответов;  
«Неудовлетворительно» – менее 8 правильных ответов.

### 3. Доклад

*Темы для подготовки докладов-презентаций*

1. Экстракция. Практическое использование экстракции.
2. Сорбция и ее механизмы. Сорбенты, их классификация.
3. Управляемая кристаллизация.
4. Кинетическая теория хроматографии.
5. Области применения хроматографии.
6. Аналитическая служба. Значение и области использования химического анализа.
7. Общая характеристика и классификация методов количественного анализа.
8. Методы разделения и концентрирования вещества.
9. Оборудование в химическом анализе.
10. Осаждение и соосаждение.

11. Преимущества и недостатки гравиметрического анализа.
12. Прямые и косвенные методы определения.
13. Важнейшие органические и неорганические осадители.
14. Погрешности в гравиметрическом анализе.
15. Практическое применение гравиметрического метода анализа.
16. Кислотно - основное титрование.
17. Окислительно - восстановительное титрование.
18. Титрование по методу осаждения.
19. Комплексонометрическое титрование.
20. Комплексообразование. Некоторые аналитически важные комплексы.
21. Обзор объемных и весовых методов анализа.
22. Отбор проб гомогенного и гетерогенного состава.
23. Способы получения средней пробы твердых, жидких и газообразных веществ.
24. Способы устранения и учета загрязнений и потерь компонентов при пробоподготовке.
25. Задачи анализа объектов окружающей среды.
26. Биологические и медицинские объекты, их анализ.
27. Геологические объекты, их анализ.
28. Анализ продуктов металлургической промышленности.
29. Вещества особой чистоты.
30. Специальные объекты анализа.

Каждый доклад сопровождается презентацией выполненной в Microsoft Office PowerPoint. Материалы, подготовленные с помощью PowerPoint должны быть отображены на большом экране через проектор. Продолжительность доклада-презентации от 10 до 20 минут.

*Критерии оценки доклада:*

- Соответствие содержания теме
- Глубина проработки материала
- Правильность и полнота использования источников
- Соответствие оформления презентации

#### 4. Задачи

*Примерное содержание индивидуальных заданий*

*Задача 1.*

1.1. Чувствительность аналитических реакций.

Открываемый минимум для реакции обнаружения ионов  $\text{Ni}^{2+}$  с помощью диметилглиоксима равен 0,003 мкг. ПДК никеля в воде 0,1 мг/дм<sup>3</sup>. Можно ли обнаружить ионы никеля в капле воды объемом 0,05 см<sup>3</sup> при содержании, равном ПДК?

1.2. Влияние электростатических взаимодействий на поведение ионов в растворе. Ионная сила раствора. Активность. Коэффициент активности.

Во сколько раз изменится активность ионов водорода в 0,010М растворе HCl, если в 1,0 литре такого раствора растворить 3,4 г сульфата алюминия.

1.3. Ступенчатые и общие константы равновесия. Определение направления и глубины протекания химической реакции по величине общей константы равновесия.

Определите возможность растворения осадка AgI в аммиаке.

1.4. Влияние химических факторов на равновесие. Вычисление молярной доли компонентов в растворе в условиях комплексообразования катиона и протонирования аниона. Расчет условных констант равновесия.

Какая из форм серы преобладает в 0,10 М растворе  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$  при pH = 6,0 (ионную

силу раствора не учитывать)? Определите равновесные концентрации всех серосодержащих форм частиц в растворе. Вычислите условную константу равновесия реакции образования осадка  $MnS$ . Выпадет ли осадок  $MnS$  в указанных условиях при  $c(Mn^{2+})$ , равной  $0,001$  моль/л.

1.5. Расчет равновесных концентраций ионов по концентрации вещества и термодинамической константе равновесия.

Вычислите равновесные концентрации ионов в  $0,01$  М муравьиной кислоте при ионной силе раствора, создаваемой  $0,1$  М  $KNO_3$ .

1.6. Расчет равновесных концентраций ионов по концентрации вещества и константе равновесия в присутствии одноименного иона.

Вычислите равновесные концентрации всех ионов в  $0,1$  М растворе  $K_2[Cd(CN)_4]$  в присутствии  $0,4$  М  $KCN$ . Гидролизом и ионной силой пренебречь.

## Задача 2

Равновесие в растворах малорастворимых электролитов

2.1. Условия выпадения и растворения осадков.

Может ли образоваться осадок  $Mg(OH)_2$ , если смешать равные объемы  $0,5$  М  $MgCl_2$  и  $0,1$  М раствора  $NH_4OH$ ? Расчет провести без учета ионной силы раствора.

2.2. Вычисление произведения растворимости по величине растворимости и величины растворимости малорастворимого электролита в насыщенном водном растворе.

Вычислить  $K_s^0(Ca_3(PO_4)_2)$ , если в  $1$  дм<sup>3</sup> растворяется  $2,2 \cdot 10^{-4}$  г фосфата кальция.

2.3. Влияние одноименного иона на растворимость. Влияние ионной силы раствора на растворимость. “Солевой эффект”.

Определить растворимость сульфата свинца в воде и в воде, содержащей  $0,10$  М сульфат калия.

2.4. Расчеты при фракционном осаждении; оценка возможности разделения ионов.

Найдите условия количественного разделения  $Pb^{2+}$  и  $Tl^+$  путем насыщения сероводородом ( $c(H_2S) = 0,1$  моль/дм<sup>3</sup>) раствора, содержащего по  $0,10$  моль/дм<sup>3</sup> каждого катиона.

2.5. Влияние конкурирующих реакций протонирования (гидролиза) и комплексообразования на растворимость.

Рассчитать и сравнить растворимость  $AgI$  в воде и  $1,0$  М растворе аммиака.

2.6. Расчет интервала рН осаждения гидроксидов, разделения сульфидов.

Найдите рН начала выпадения осадка  $Fe(OH)_2$  из  $0,10$  М раствора  $FeSO_4$ . При каком значении рН осаждение будет практически полным?

## Задача 3

Кислотно–основное (протолитическое) равновесие

3.1. Расчет  $[H^+]$ ,  $[OH^-]$ , рН, рОН и  $\alpha$  в растворах сильных и слабых кислот и оснований (в том числе, гидролизующихся солей и амфолитов) в водных и неводных растворах.

Рассчитайте рН и степень диссоциации в  $10^{-5}$  М раствора  $NH_4OH$ .

3.2. Буферные растворы. Буферная емкость.

К  $12$  мл  $0,030$  М раствора муравьиной кислоты прибавлено  $15$  мл  $0,15$  М раствора формиата калия. Вычислить рН и буферную емкость полученной смеси.

3.3. Расчеты при протолитических взаимодействиях и приготовлении растворов протолитов с заданным значением рН.

Опишите приготовление  $2,0$  л буферного раствора с рН  $5,00$  из  $0,10$  М раствора уксусной кислоты и  $0,20$  М раствора аммиака.

3.4. Построение распределительной и концентрационно-логарифмической диаграмм для раствора одно- или двухосновной кислоты.

Постройте распределительную и концентрационно-логарифмическую диаграммы для 0,1 М раствора бензойной кислоты. Найдите равновесные концентрации  $\text{HA}$  и  $\text{A}^-$  при pH 5,25.

3.5. Оценка окислительно-восстановительной способности веществ и направления окислительно-восстановительной реакции по величине стандартного потенциала. Расчет константы равновесия по стандартным потенциалам.

Рассчитайте константу равновесия реакции между  $\text{BrO}_3^-$  и  $\text{Br}^-$  при pH 0. Укажите фактор эквивалентности окислителя.

3.6. Оценка возможности протекания окислительно-восстановительной реакции в реальных условиях. Формальные потенциалы. Расчет ЭДС гальванического элемента в реальных условиях.

При каком pH константа равновесия реакции между нитрит-ионом и иодид-ионом станет равной 10? Определите величину  $E_{\text{NO}_2^-, 2\text{H}^+ / \text{NO}}^{\circ'}$  при найденном pH.

3.7. Расчет равновесных концентраций ионов в реакциях окисления - восстановления.

Вычислить равновесные концентрации частиц в растворе, содержащем  $\text{H}_3\text{AsO}_4$ ,  $\text{H}_3\text{AsO}_3$ ,  $\text{H}^+$ ,  $\text{I}_2$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{I}_3^-$ , если  $c(\text{H}^+) = 10$ ;  $c(\text{H}_3\text{AsO}_4) = c(\text{H}_3\text{AsO}_3) = c(\text{I}^-) = c(\text{I}_2) = 0,1$  моль/л.

#### *Оценка умений решать расчетные задачи*

Оценка «5»: в логическом рассуждении и решении нет ошибок, задача решена рациональным способом.

Оценка «4»: в логическом рассуждении и решении нет существенных ошибок, но задача решена нерациональным способом или допущено не более двух несущественных ошибок.

Оценка «3»: в логическом рассуждении нет существенных ошибок, но допущена существенная ошибка в математических расчетах.

Оценка «2»: имеются существенные ошибки в логическом рассуждении и в решении.

### **5. Практические задания (экспериментальные задачи)**

#### *Пример практических заданий*

1. В четырех пробирках без надписей находятся водные растворы гидроксида натрия, соляной кислоты, поташа и сульфата алюминия. Предложите способ определения содержимого каждой пробирки, не применяя дополнительных реактивов.

2. В пронумерованных пробирках находятся растворы гидроксида натрия, серной кислоты, сульфата натрия и фенолфталеин. Как различить эти растворы, не пользуясь дополнительными реактивами?

3. В пяти пробирках без этикеток находятся растворы гидроксида, сульфида, хлорида, йодида натрия и аммиака. Как определить эти вещества при помощи одного дополнительного реактива? Приведите уравнения химических реакций.

#### *Оценка умений решать экспериментальные задачи:*

оценка 5 «отлично» - работа выполнена полностью и правильно, сделаны правильные наблюдения и выводы;

- эксперимент осуществлен по плану с учетом техники безопасности и правил работы с веществами и оборудованием;

- проявлены организационно - трудовые умения, поддерживаются чистота рабочего места и порядок (на столе, экономно используются реактивы).

оценка 4 «хорошо» - работа выполнена правильно, сделаны правильные наблюдения и выводы, но при этом эксперимент проведен не полностью или допущены несущественные ошибки в работе с веществами и оборудованием.

оценка 3 работа выполнена правильно не менее чем наполовину или допущена существенная ошибка в ходе эксперимента в объяснении, в оформлении работы, в соблюдении правил техники безопасности на работе с веществами и оборудованием, которая исправляется по требованию преподавателя.

оценка 2 - допущены две (и более) существенные ошибки в ходе: эксперимента, в объяснении, в оформлении работы, в соблюдении правил техники без опасности при работе с веществами и оборудованием, которые студент не может исправить - работа не выполнена, у студента отсутствуют экспериментальные умения.

## 6. Коллоквиум

### *Вопросы к коллоквиуму 1 (5 семестр)*

1. Основные понятия аналитической химии. Метод и методика анализа. Подходы к классификации методов анализа.
2. Основные типы химических реакций в аналитической химии: кислотно-основные, комплексообразования, окисления-восстановления. Используемые процессы: осаждение-растворение, экстракция и др. Примеры.
3. Характеристики аналитических реакций. Чувствительность. Способы повышения чувствительности. Подходы к классификациям аналитических реакций (по типу равновесия, по назначению, по аналитическому эффекту и др.). Классификации катионов. Классификации анионов.
4. Поведение электролитов и неэлектролитов в растворах. Теория Дебая-Хюккеля. Учет электростатических взаимодействий в растворах электролитов. Активность. Ионная сила раствора. Коэффициент активности.
5. Принципы расчета сложных равновесий. Общая и равновесная концентрации. Уравнения материального баланса, электронейтральности.
6. Учет химических взаимодействий ионов в конкурирующих реакциях. Молярная доля частицы, ее вычисление в побочных реакциях протонирования, комплексообразования и использование в расчетах. Коэффициент побочной реакции.
7. Кинетический подход к описанию химического равновесия. Табличные константы простых равновесий. Ступенчатые и общие константы равновесия. Общая константа равновесия химической реакции. Практическое значение констант равновесия.
8. Термодинамический подход к описанию химического равновесия. Функции состояния вещества и системы. Стандартные условия, стандартное состояние вещества. Химический потенциал в идеальных и реальных условиях. Условие равновесия. Термодинамическая константа равновесия.
9. Связь термодинамической константы равновесия с концентрационной (реальной), условной. Факторы, влияющие на  $K^0$ ,  $K$  и  $K'$ .
10. Равновесие в системе осадок – раствор как пример гетерогенного равновесия. Константа растворимости: термодинамическая, концентрационная, условная.
11. Растворимость малорастворимого электролита. Влияние на растворимость внешних и внутренних факторов (температура, ионная сила раствора, одноименный ион, конкурирующие реакции).
12. «Правила ПР»: условия осаждения и растворения осадков, перевода одного в другой и фракционного (дробного) осаждения. Полнота осаждения.
13. Условия осаждения гидроксидов; рН начала и конца осаждения.



14. Значение и примеры использования реакций осаждения – растворения в анализе.
15. Важнейшие неорганические и органические осадители. Выбор осадителя в гравиметрии и принцип расчета его количества. Осаждаемая и гравиметрическая формы (ГФ).
16. Процессы осаждения и соосаждения. Истинные и коллоидные растворы. Схема образования осадка. Зависимость структуры осадка от его индивидуальных свойств и условий осаждения, от скорости образования первичных частиц и их роста, температуры. Растворимость осадка в зависимости от структуры и размера частиц. Кристаллические и аморфные осадки.
17. Условия получения кристаллических осадков. Гомогенное осаждение.
18. Старение (созревание) осадка. Назначение стадии созревания осадка.
19. Причины загрязнения осадка (совместное осаждение, соосаждение, последующее осаждение). Классификация различных видов соосаждения (адсорбция; окклюзия, изоморфизм и др.). Способы уменьшения соосаждения.
20. Особенности образования коллоидно-дисперсных систем. Предотвращение образования коллоидных растворов. Условия получения аморфных осадков.
21. Величина навески для гравиметрического анализа в зависимости от структуры ГФ.
22. Назначение операции промывания осадка. Сущность расчета потерь при промывании осадка. Состав промывной жидкости для промывания кристаллических и аморфных осадков.

*Вопросы к коллоквиуму 2 (6 семестр)*

1. Разделение полуреакций окисления и восстановления в пространстве (процессы в гальваническом элементе). Стандартный водородный электрод.
2. Стандартный окислительно-восстановительный (электродный) потенциал. Использование его для оценки окислительно-восстановительной способности компонентов редокс-пар. Ограничения использования.
3. ЭДС гальванического элемента в стандартных и реальных условиях. Связь  $\Delta E^0$  и  $\Delta G^0$ .
4. Равновесный окислительно-восстановительный потенциал. Уравнение Нернста и его представление для разных полуреакций (на примерах). Значение уравнения Нернста.
5. Формальный потенциал, влияние на него рН, ионной силы (реальный потенциал).
6. Формальный потенциал в условиях осаждения, комплексообразования.
7. Константа окислительно-восстановительного равновесия ( $K^0$ ,  $K'$ ). Оценка направления и глубины окислительно-восстановительной реакции в стандартных и реальных условиях.
8. Влияние рН на величину равновесного окислительно-восстановительного потенциала. Примеры увеличения и уменьшения  $E$ .
9. Влияние комплексообразования и осаждения компонентов редокс-пары на величину равновесного окислительно-восстановительного потенциала и его значение в аналитической химии.
10. Подходы к расчету равновесных концентраций участников ОВР.
11. Классификация методов по типу титрантов.
12. Как готовят рабочие растворы в перманганатометрии, иодометрии? Какие вещества используют в качестве первичных стандартов?
13. С чем связаны погрешности несоблюдения условий хранения и применения в титриметрии рабочих растворов перманганата, иода, тиосульфата?
14. Какие типы индикаторов используют в методах редоксиметрии? Объясните интервал перехода редокс-индикаторов и принципы вычисления индикаторной погрешности.
15. Какие факторы влияют на скорость реакций в редоксиметрии? Приведите пример каталитических и индуцированных реакций. Как «борются с индуцированными реакциями в перманганатометрии?
16. Как отличаются методы кислотности среды в методах перманганатометрии, иодометрии, дихроматометрии, броматометрии по выбору кислотности среды?

17. Какие приемы титрования используют при определении неорганических окислителей, восстановителей, органических веществ в перманганатометрии, иодометрии, дихроматометрии, броматометрии. Приведите примеры определений методами редоксиметрии веществ, не участвующих в окислительно-восстановительных процессах.
18. Предварительное окисление-восстановление определяемых веществ и требования к реагентам для этих целей. Примеры.  
Скорость реакций комплексообразования.
19. Рабочий раствор ЭДТА (трилона Б, комплексона III), условия проведения реакций титрования. Условная константа образования комплексов.
20. Особенности построения кривых титрования в комплексонометрии.
21. Металлохромные индикаторы.
22. Приемы титрования в комплексонометрии. Особенности определения катионов в прямом, обратном, вытеснительном титровании. Возможности определения анионов в косвенном титровании. Примеры определений.

*Критерии оценивания ответа студента на коллоквиуме:*

Оценка «отлично» выставляется студенту, если демонстрируются: глубокое и прочное усвоение программного материала полные, последовательные, грамотные и логически излагаемые ответы при видоизменении задания, свободное владение материалом, правильно обоснованные принятые решения.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если демонстрируются: знание программного материала грамотное изложение, без существенных неточностей в ответе на вопрос, правильное применение теоретических знаний; владение необходимыми навыками при выполнении практических задач.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если демонстрируются: усвоение основного материала, при ответе допускаются неточности, при ответе даются недостаточно правильные формулировки, нарушается последовательность в изложении программного материала, имеются затруднения в выполнении практических заданий.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если демонстрируются: незнание программного материала, при ответе возникают ошибки, затруднения при выполнении практических работ.

## **7. Контрольная работа**

Решения задач и ответы на теоретические вопросы должны быть коротко и четко обоснованы. При решении задач нужно приводить весь ход решения и математические преобразования, избирая простейший путь решения. Контрольная работа должна быть аккуратно оформлена. Для замечаний преподавателя надо оставлять достаточно широкие поля, писать четко и ясно. Номера и условия задач следует переписывать в том порядке, в каком они указаны в задании. В конце работы следует привести список использованной литературы с указанием года издания. Работа должна быть датирована и подписана студентом. Контрольная работа, выполненная студентом не по своему варианту, преподавателем не рецензируется и не зачитывается. Если контрольная работа не зачтена, ее нужно выполнить повторно с учетом указаний преподавателя. При всех неясностях, возникающих при выполнении контрольной работы, студент может обратиться за разъяснением непосредственно к преподавателю.

*Пример контрольной работы.*

Вариант 1

1. Из 2,5 г  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  приготовили 500 мл раствора. Рассчитать для этого раствора: а) молярную концентрацию, б) нормальность, в) титр.
2. Сколько ионов водорода содержится в 1 мл раствора, pH которого равен 13?
3. Произведение растворимости бромида серебра  $\text{AgBr}$  равно  $3,6 \cdot 10^{-13}$ . Сколько граммов и сколько молей серебра в виде ионов содержится в 1 литре насыщенного раствора этой соли?
4. Какой объем раствора соляной кислоты с массовой долей  $\text{HCl}$  37,23 % и плотностью 1,19 г / мл требуется для приготовления 20 л 0,1 М раствора этой кислоты?
5. Титриметрический анализ. Классификация методов. Способы выражения концентрации растворов и их взаимосвязь.

#### Вариант 2

1. Определить массу  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  в 250 мл раствора, если на титрование 25 мл этого раствора с индикатором метиловым оранжевым израсходовано 20,2 мл раствора  $\text{HCl}$  с концентрацией 0,101 моль/л.
2. Во сколько раз нужно увеличить или уменьшить концентрацию ионов водорода в растворе, чтобы pH его увеличился на единицу?
3. Произведение растворимости сульфата серебра  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$  равно  $7 \cdot 10^{-5}$ . Найдите растворимость соли и выразите ее в молях на литр и в граммах на литр.
4. Определите молярную концентрацию эквивалента (нормальную концентрацию) хлорида кальция, если в 0,5 л раствора содержится 33,3 г  $\text{CaCl}_2$ .
5. Приемы и способы титрования: прямое, по остатку, обратное. Закон эквивалентов. Расчеты в титриметрическом методе анализа.

#### Вариант 3

1. Вычислите нормальность и молярную концентрацию раствора, в котором массовая доля  $\text{CaCO}_3$  равна 5 %. Плотность раствора равна 1,12 г / мл
2. Как изменится pH чистой воды, если к литру ее прибавить 0,004 моль  $\text{NaOH}$ ?
3. Произведение растворимости карбоната кальция равно  $1,7 \cdot 10^{-8}$ . Сколько граммов  $\text{CaCO}_3$  содержится в литре насыщенного раствора?
4. Определите титр 0,01 н раствора  $\text{KOH}$ .
5. Гравиметрический анализ. Образование осадков. Понятие весовой формы и формы осаждения. Расчеты в гравиметрическом анализе.

#### Вариант 4

1. Какой объем раствора соляной кислоты с массовой долей  $\text{HCl}$  37,23 % и плотностью 1,19 г / мл требуется для приготовления 20 л 0,1 М раствора этой кислоты?
2. Какой объем 0,1 н раствора щелочи надо прибавить к 10 миллилитрам 0,5 н раствора кислоты, чтобы довести его pH до 9?
3. Для растворения 1 г иодида свинца  $\text{PbI}_2$  при  $18^\circ\text{C}$  требуется 1470 мл воды. Найдите произведение растворимости этой соли.
4. Определите титр 0,1 н раствора  $\text{KOH}$ .
5. Классификация методов анализа. Погрешности: абсолютная и относительная, их классификация. Правильность, сходимость, воспроизводимость и точность результатов анализа.

#### Вариант 5

1. Рассчитать pH в 0,025 М растворе хлороводородной кислоты.

2. Два литра раствора серной кислоты с массовой долей  $\text{H}_2\text{SO}_4$  60%, плотностью 1,5 г/мл упарили до 2 кг. Вычислить массовую долю кислоты в полученном растворе.
3. Какой объём серной кислоты с массовой долей 72% и плотностью 1,64 г/мл надо взять для приготовления 10 л раствора этой кислоты с массовой долей 6% и плотностью 1,04 г/мл?
4. Произведение растворимости карбоната кальция равно  $1,7 \cdot 10^{-8}$ . Сколько граммов  $\text{CaCO}_3$  содержится в литре насыщенного раствора?
5. Общая характеристика и классификация методов количественного анализа.

#### Вариант 6

1. Вычислить pH 0,01 н. раствора йодида аммония.
2. Какая масса соляной кислоты содержится в растворе объёмом 23,5 мл и молярной концентрацией 0,542 моль/л?
3. Какой объём раствора гидроксида калия с массовой долей 30% и плотностью 1,29 г/мл нужно взять для приготовления раствора объёмом 3 л и молярной концентрацией эквивалента 0,5 моль/л?
4. Для растворения 1 г йодида свинца  $\text{PbI}_2$  при  $18^\circ\text{C}$  требуется 1470 мл воды. Найдите произведение растворимости этой соли.
5. Способы разделения веществ (экстракция, дистилляция, хроматография).

#### Вариант 7

1. Вычислить pH 0,05 М раствора нитрата аммония.
2. Какова молярная концентрация гидроксида калия в растворе с массовой долей 20% и плотностью 1,17 г/мл?
3. Вычислить массовую долю одномолярного раствора нитрата натрия с плотностью 1,14 г/мл.
4. Произведение растворимости сульфата серебра  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$  равно  $7 \cdot 10^{-5}$ . Найдите растворимость соли и выразите ее в молях на литр и в граммах на литр
5. Электрохимические методы анализа.

#### Вариант 8

1. Определить pH 0,02 н. раствора соды  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , учитывая только первую ступень гидролиза.
2. Какую массу хлорида натрия надо растворить в воде объёмом 5 л, чтобы получить раствор с массовой долей 4%?
3. Определить молярную концентрацию раствора с плотностью 1,06 г/мл, приготовленного растворением хлорида бария массой 18,5 г в воде объёмом 200 мл.
4. Произведение растворимости бромида серебра  $\text{AgBr}$  равно  $3,6 \cdot 10^{-13}$ . Сколько граммов и сколько молей серебра в виде ионов содержится в 1 литре насыщенного раствора этой соли?
5. Перманганатометрия. Общая характеристика метода и области его применения.

#### Вариант 9

1. Сравнить pH среды в 0,1 М и 0,001 М растворах цианида калия.
2. Какая масса сульфата натрия потребуется для приготовления раствора объёмом 5 л, с массовой долей 8% и плотностью 1,075 г/мл?

3. Какой объём раствора гидроксида калия с массовой долей 30% и плотностью 1,29 г/мл нужно взять для приготовления раствора объёмом 3л и молярной концентрацией эквивалента 0,5 моль/л?
4. Произведение растворимости карбоната кальция равно  $1,7 \cdot 10^{-8}$ . Сколько граммов  $\text{CaCO}_3$  содержится в литре насыщенного раствора?
5. Обзор объёмных и весовых методов анализа.

#### Вариант 10

1. Вычислить концентрацию ионов водорода в 0,1 М растворе азотистой кислоты.
2. Двухмолярный раствор разбавили в пять раз. Определить молярную концентрацию полученного раствора.
3. Какая масса соляной кислоты содержится в растворе объёмом 23,5 мл и молярной концентрацией 0,542 моль/л?
4. Для растворения 1 г иодида свинца  $\text{PbI}_2$  при  $18^\circ\text{C}$  требуется 1470 мл воды. Найдите произведение растворимости этой соли.
5. Общие представления о иодометрии и бихроматометрии, области использования этих методов, их преимущества и недостатки.

#### *Критерии оценивания контрольной работы:*

«5» (отлично): выполнены все задания без замечаний, работа выполнена в срок; оформление, структура и стиль работы образцовые; работа выполнена самостоятельно; обучающийся демонстрирует системные теоретические знания, владеет терминологией, делает аргументированные выводы и обобщения, приводит примеры.

«4» (хорошо): выполнены все задания с несущественными замечаниями, работа выполнена в срок; в оформлении, структуре и стиле работы нет грубых ошибок; работа выполнена самостоятельно; обучающийся демонстрирует системные теоретические знания, владеет терминологией, делает аргументированные выводы и обобщения, приводит примеры, но при этом делает несущественные ошибки.

«3» (удовлетворительно): выполнены все задания с существенными замечаниями, работа выполнена с нарушениями графика; в оформлении, структуре и стиле работы есть недостатки; работа выполнена самостоятельно, обучающийся демонстрирует неглубокие теоретические знания, проявляет слабо сформированные навыки анализа явлений и процессов, недостаточное умение делать аргументированные выводы и приводить примеры.

2» (неудовлетворительно): обучающийся не выполнил или выполнил неправильно задания, оформление работы не соответствует требованиям; отсутствуют или сделаны неправильные выводы и обобщения, обучающийся демонстрирует незнание теоретических основ дисциплины, не умеет делать аргументированные выводы и приводить примеры.

*Существенные ошибки* связаны с недостатком знаний основной, наиболее важной части программного материала.

*Несущественные ошибки* связаны с недостаточно точным ответом на вопрос.

#### **6.2. Оценочные средства и критерии оценивания для промежуточной аттестации**

##### *Перечень вопросов к зачету*

1. Предмет количественного анализа. Значение количественного анализа для науки и производства. Основные методы количественного анализа.

2. Сущность гравиметрического (весового) анализа. Достоинства и недостатки метода. Основные операции гравиметрического анализа. Осаждаемая и гравиметрическая формы. Требования к осадкам и выбор осадителя. Кристаллизация. Соосаждение. Расчеты в гравиметрическом анализе.
3. Сущность и методы титриметрического анализа. Необходимые условия для проведения титриметрического анализа.
4. Способы титрования. Способы определения точки эквивалентности.
5. Выражение концентрации растворов в титриметрическом анализе.
6. Исходные вещества и требования к ним. Рабочие растворы. Вычисления в титриметрическом анализе.
7. Сущность методов кислотно-основного титрования и область их применения. Ацидиметрия и алкалиметрия. Индикаторы методов кислотно-основного титрования. Теория индикаторов. Применение метода.
8. Сущность и классификация методов редоксиметрии. Индикаторы методов редоксиметрии
9. Перманганатометрия. Сущность метода и области применения.
10. Йодометрия. Определение окислителей и восстановителей йодометрическим методом. Рабочие растворы.
11. Сущность и теоретические основы методов осаждения. Классификация методов осаждения. Способы фиксирования точки эквивалентности.
12. Меркурометрия и меркуриметрия. Сущность и применение методов.
13. Методы Мора, Фаянса, Фольгарда. Область применения методов осаждения.
14. Сущность комплексонометрического титрования. Комплексоны. Металлоиндикаторы. Практическое применение метода.
15. Физические и физико-химические методы количественного анализа, их характеристика.
16. Представительность пробы; взаимосвязь с объектом и методом анализа. Факторы, обуславливающие размер и способ отбора представительной пробы.
17. Отбор проб гомогенного и гетерогенного состава. Способы получения средней пробы твердых, жидких и газообразных веществ; устройства и приемы, используемые при этом; первичная обработка и хранение проб; дозирующие устройства.
18. Основные способы перевода пробы в форму, необходимую для данного вида анализа. Способы устранения и учета загрязнений и потерь компонентов при пробоподготовке.
19. Объекты окружающей среды: воздух, природные и сточные воды, атмосферные осадки, почвы, донные отложения. Характерные особенности и задачи их анализа.
20. Биологические и медицинские объекты. Аналитические задачи в этой области. Санитарно-гигиенический контроль.
21. Геологические объекты. Анализ силикатов, карбонатов, железных, никель-кобальтовых руд, полиметаллических руд.
22. Металлы, сплавы и другие продукты металлургической промышленности. Определение черных, цветных, редких, благородных металлов и анализ их сплавов. Контроль металлургических производств.
23. Неорганические соединения. Вещества особой чистоты.
24. Природные и синтетические органические вещества и элементоорганические соединения, полимеры. Виды анализа таких объектов и соответствующие методы.
25. Специальные объекты анализа.

### *Перечень вопросов к экзамену*

1. Аналитическая химия и химический анализ. Задачи аналитической химии и ее связь с другими науками. Историческая справка.
2. Методы аналитической химии. Классификация методов анализа по объектам анализа: по цели, по способу выполнения, по массе пробы и др. Методика анализа.
3. Требования, предъявляемые к методам анализа: правильность, воспроизводимость, точность, экспрессность и др.
4. Подготовка вещества к анализу. Очистка вещества от примесей. Отбор средней пробы. Обработка результатов анализа. Оборудование, используемое при проведении химического анализа. Техника безопасности.
5. Аналитические реакции и аналитический сигнал. Способы выполнения аналитических реакций. Классификация аналитических реакций.
6. Требования, предъявляемые к аналитическим реакциям: чувствительность, предел обнаружения, избирательность. Показатели чувствительности аналитических реакций: открываемый минимум, предельная концентрация и предельное разбавление.
7. Предмет и задачи качественного анализа. История развития качественного анализа. Классификация качественных реакций по внешнему эффекту и химической сути. Специфические, селективные и групповые реагенты.
8. Системы качественного анализа. Сульфидная система анализа катионов, ее сущность. Групповые реагенты. Положительные стороны и недостатки сульфидной системы анализа катионов.
9. Различные аналитические классификации катионов по группам. Систематический и дробный ход анализа.
10. Характеристика катионов 1-й аналитической группы.
11. Характеристика катионов 2-й аналитической группы.
12. Характеристика катионов 3-ей аналитической группы.
13. Характеристика катионов 4-ой аналитической группы.
14. Характеристика катионов 5-ой аналитической группы.
15. Классификация анионов на аналитические группы. Групповые реагенты на анионы. Наиболее важные реактивы для обнаружения индивидуальных анионов.
16. Характеристика анионов 1-й аналитической группы.
17. Характеристика анионов 2-ой аналитической группы.
18. Характеристика анионов 3-ей аналитической группы.
19. Разделение и концентрирование. Классификация методов разделения и концентрирования. Методы осаждения, отгонки, экстракции, сорбции, кристаллизации и др.
20. Микрорентгенофлуоресцентный анализ, пирохимический анализ (окрашивание пламени, возгонка, образование перлов).
21. Хроматографические методы качественного анализа.
22. Основные методы разделения и концентрирования, их роль в химическом анализе, выбор и оценка.
23. Методы экстракции. Теоретические основы методов. Закон распределения. Классификация экстракционных процессов.
24. Методы осаждения и соосаждения. Применение неорганических и органических реагентов для осаждения.
25. Метрологические основы аналитической химии. Точность количественного анализа. Статистическая обработка результатов анализа.

***Пример экзаменационного билета***

<p style="text-align: center;"><b>ФГБОУ ВО « Смоленский государственный университет »</b> Естественно-географический факультет Кафедра экологии и химии</p>
---

1. Методы аналитической химии. Классификация методов анализа по объектам анализа: по цели, по способу выполнения, по массе пробы и др. Методика анализа.
2. Характеристика анионов 3-ей аналитической группы.

Заведующий кафедрой, профессор

Гильденков М.Ю.

### ***Критерии оценивания уровня освоения дисциплины***

Традиционная («балльная») оценка знаний студентов производится по следующим критериям:

- оценка (балл) 5 «отлично» выставляется, если полно раскрыто содержание материала в объеме программы, четко и правильно даны определения и раскрыто содержание понятий, верно использованы научные термины, для доказательства излагаемого использованы различные умения, выводы из наблюдений и опытов, самостоятельно и правильно проведен подбор необходимого оборудования, наглядных пособий и объектов, ответ самостоятельный, использованы ранее приобретенные знания;

- оценка 4 «хорошо» выставляется, если раскрыто основное содержание материала, в основном даны правильно определения понятий и использованы научные термины, ответ самостоятельный, определения понятий неполные, допущены незначительные нарушения последовательности изложения, небольшие неточности при использовании научных терминов или в выводах и обобщениях;

- оценка 3 «удовлетворительно» выставляется, если усвоено основное содержание учебного материала, но изложено фрагментарно, не всегда последовательно, определения понятий недостаточно четкие, не использованы в качестве доказательства выводы и обобщения из наблюдений и опытов или допущены ошибки при их изложении, допущены ошибки и неточности в использовании научной терминологии, определении понятий;

- оценка 2 «неудовлетворительно» выставляется, если основное содержание учебного материала не раскрыто, не даны ответы на вспомогательные вопросы преподавателя, допущены грубые ошибки в определении понятий, при использовании терминологии.

## **7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы**

### **Основная литература**

1. Александрова, Э. А. Аналитическая химия в 2 книгах. Книга 1. Химические методы анализа: учебник и практикум для прикладного бакалавриата /Э. А. Александрова, Н. Г. Гайдукова. — 2-е изд., испр. и доп. — М.: Издательство Юрайт, 2017. — 551 с. — (Серия: Бакалавр. Прикладной курс). — ISBN 978-5-534-03610-7. — Режим доступа: [www.biblio-online.ru/book/E9540AD6-D847-49AC-A583-35AC63AFA76D](http://www.biblio-online.ru/book/E9540AD6-D847-49AC-A583-35AC63AFA76D).
2. Александрова, Э. А. Аналитическая химия в 2 книгах. Книга 2. Физико-химические методы анализа: учебник и практикум для прикладного бакалавриата /Э. А. Александрова, Н. Г. Гайдукова. — 2-е изд., испр. и доп. — М.: Издательство Юрайт, 2017. — 355 с. — (Серия: Бакалавр. Прикладной курс). — ISBN 978-5-534-03612-1. — Режим доступа: [www.biblio-online.ru/book/BD48501F-8E90-4AA4-B957-91554FA1D0D1](http://www.biblio-online.ru/book/BD48501F-8E90-4AA4-B957-91554FA1D0D1).
3. Никитина, Н. Г. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа:



учебник и практикум для академического бакалавриата / Н. Г. Никитина, А. Г. Борисов, Т. И. Хаханина; под ред. Н. Г. Никитиной. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Издательство Юрайт, 2017. — 394 с. — (Серия: Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-00427-4. — Режим доступа: [www.biblio-online.ru/book/535AD001-D1FA-47A8-B1EA-FBC6627EAF21](http://www.biblio-online.ru/book/535AD001-D1FA-47A8-B1EA-FBC6627EAF21)

#### Дополнительная литература

1. Хаханина Т. И. Аналитическая химия: учебное пособие для студентов вузов /Т. И. Хаханина, Н.Г. Никитина.— 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Юрайт: Высшее образование, 2010 .— 278 с .
2. Васильев В. П. Аналитическая химия: учебник для студ. вузов, обуч. по хим.-технолог. спец./ 4-е изд., стер. - Москва: Дрофа. - (Высшее образование). - Кн. 2: Физико- химические методы анализа. - 2004. - 384 с.
3. Козлова Л.Т. Аналитическая химия: практ. рук. по количественному анализу для студ. вузов по спец. "Биология с доп. спец. химия" и "Экология" /Л. Т. Козлова; Федер. агентство по образованию, Смол. гос. ун-т .— 3-е изд., перераб. и доп .— Смоленск: СмолГУ, 2008 .— 110 с.
4. Жебентяев А.И. Аналитическая химия. Химические методы анализа: учеб. пособие для студентов вузов по фармацевт. и хим. спец. / А. И. Жебентяев, А.К. Жерносек, И.Е. Талуть .— 2-е изд. — Минск: Новое знание, 2012 .— 542 с.
5. Борисов, А. Н. Аналитическая химия. Расчеты в количественном анализе: учебник и практикум для прикладного бакалавриата /А. Н. Борисов, И. Ю. Тихомирова. — 2-е изд., испр. и доп. — М.: Издательство Юрайт, 2017. — 118 с. — (Серия: Бакалавр. Прикладной курс). — ISBN 978-5-534-00756-5. — Режим доступа: [www.biblio-online.ru/book/9149867E-A7A1-4590-8BB0-79B4EC7F1080](http://www.biblio-online.ru/book/9149867E-A7A1-4590-8BB0-79B4EC7F1080)
6. Подкорытов, А. Л. Аналитическая химия. Окислительно-восстановительное титрование: учебное пособие для вузов /А. Л. Подкорытов, Л. К. Неудачина, С. А. Штин. — М.: Издательство Юрайт, 2017. — 60 с. — (Серия: Университеты России). — ISBN 978-5-9916-9944-0. — Режим доступа: [www.biblio-online.ru/book/1DBE7179-E7D7-412C-922C-840DB6B32463](http://www.biblio-online.ru/book/1DBE7179-E7D7-412C-922C-840DB6B32463)
7. Гаршин, А. П. Химические термины. Словарь: учебное пособие для вузов / А. П. Гаршин, В. В. Морковкин. — 2-е изд., испр. и доп. — М.: Издательство Юрайт, 2017. — 452 с. — (Серия: Университеты России). — ISBN 978-5-534-04639-7. — Режим доступа : [www.biblio-online.ru/book/4A262C25-E1EE-42B4-BD67-8BCB9BF0CAEE](http://www.biblio-online.ru/book/4A262C25-E1EE-42B4-BD67-8BCB9BF0CAEE)
8. Электрохимические методы анализа. Лабораторный практикум: учебное пособие для академического бакалавриата / Л. К. Неудачина, Ю. С. Петрова, Н. В. Лакиза, Е. Л. Лебедева. — М.: Издательство Юрайт, 2017. — 133 с. — (Серия: Университеты России). — ISBN 978-5-534-05975-5. — Режим доступа: [www.biblio-online.ru/book/13775529-EA33-41FA-9C52-6E7192D5B663](http://www.biblio-online.ru/book/13775529-EA33-41FA-9C52-6E7192D5B663).

#### Перечень ресурсов «Интернет»

1. Портал фундаментального химического образования в России  
[www.chem.msu.ru](http://www.chem.msu.ru)
2. Сайт химического факультета МГУ  
<http://www.chem.msu.ru/rus/journals/chemlife/welcome.html>
3. Портал научно-популярной химической информации  
[www.alhimik.ru](http://www.alhimik.ru);
4. Популярная библиотека химических элементов  
<http://n-t.students.ru/ri/ps/>

5. Научный химический журнал - Вестник Московского Университета, серия «Химия»  
<http://www.chem.msu.su/rus/vmgu/welcome.html>
6. Журнал «Успехи химии»  
<http://rcr.ioc.ac.ru/ukh.html>
7. Электронная периодическая таблица  
<http://www.college.ru/chemistry/applets/ptable.html>
8. Научная электронная библиотека. Поиск по рефератам и полнотекстовым статьям, опубликованным в российских и зарубежных научно-технических журналах. Каталог журналов.  
<http://elibrary.ru> –
9. - Химическая информационная сеть. Информация о химических факультетах, вузах, ассоциациях. Электронная библиотека. Базы данных по химии. Сведения о конференциях, семинарах, конкурсах, олимпиадах  
<http://chemnet.ru>
10. Аналитическая химия. Статьи, методики, справочники  
<http://www.novedu.ru/>.
11. Российский химико-аналитический портал  
<http://www.anchem.ru/>

## **8. Материально-техническое обеспечение**

### **Учебная аудитория № 4**

Столы лабораторные с подводом воды 2 шт. (24 учебных посадочных места), стол и стул для преподавателя и лаборанта – по 2 шт.

Боковой стол для подготовки и временного хранения оборудования и принадлежностей.

Электрифицировано 24 учебных посадочных места.

Шкафы лабораторные 6 шт.

Сушильный шкаф 1 шт.

Вытяжной шкаф 2 шт.

Сейф 1 шт.

Весы технические ВЛТЭ-500 1шт.

Весы аналитические ГООМЕТР 4 шт.

Муфельная печь 1 шт.

Центрифуга «Элекон»-р-10-01 1 шт.

Рефрактометр ИРФ-454 Б2 М 1 шт.

Поляриметр портативный П-161МУХЛ 4.2 1шт.

Фотоколориметр ФЭК 1 шт.

pH-метр-иономер «Эксперт»-001 1 шт.

Дистиллятор ДЭ-4-02 «ЭМО» 1 шт.

Лаборантская комната

Помещение для самостоятельной работы - уч. корпус № 1, ауд. 26: учебная мебель (30 посадочных мест), компьютерный класс с выходом в сеть Интернет (17 компьютеров), принтер HP Deskjet 1280, сканер EPSONGT1500 A3.

### **9. Программное обеспечение**

Microsoft Open License (Windows XP, 7, 8, 10, Server, Office 2003-2016), лицензия 66975477 от 03.06.2016 (бессрочно).

Обучающимся обеспечен доступ к ЭБС «Юрайт», ЭБС «IPRbooks», доступ в электронную информационно-образовательную среду университета, а также доступ к современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН  
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 03B6A3C600B7ADA9B742A1E041DE7D81B0

Владелец: Артеменков Михаил Николаевич

Действителен: с 04.10.2021 до 07.10.2022