

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце: Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

ФИО: Смирнов Сергей Николаевич

Должность: врио ректора

Дата подписания: 16.09.2022 15:34:35

Уникальный программный ключ:

69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

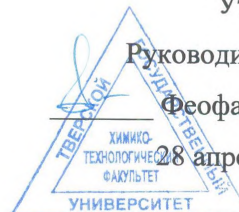
ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет»

Утверждаю:

Руководитель ООП

Феофанова М.А.

28 апреля 2021 г.



Рабочая программа дисциплины (с аннотацией)

Аналитическая химия

**Направление подготовки**

04.03.01 Химия

**Направленность (профиль)**

Перспективные материалы: синтез и анализ

Для студентов 2 курса очной формы обучения

Составитель: к.х.н., доцент Феофанова М.А. \_\_\_\_\_

Тверь, 2021

## **I. Аннотация**

### **1. Цель и задачи дисциплины:**

*Целью* освоения дисциплины является:

Приобретение профессиональных знаний в области аналитической химии.

*Задачи:*

1. Изучение теоретических основ аналитической химии (существа реакций и процессов);
2. Овладение основными методами и приемами качественного и количественного анализа;
3. Овладение методологией выбора метода анализа и направление их применения

### **2. Место дисциплины в структуре ООП**

Дисциплина «Аналитическая химия» входит в обязательную часть Блока 1. «Дисциплины» учебного плана. Она содержательно закладывает основы знаний для освоения дисциплин обязательной части «Органическая химия», «Физическая химия», а также ряда дисциплин по выбору.

Для успешного освоения дисциплины, необходимы знания и навыки, полученные при изучении дисциплины – «Неорганическая химия».

**3. Объем дисциплины: 18 зачетных единиц, 648 академических часов, в том числе:**

**контактная аудиторная работа;** лекции - **52** часа, лабораторные работы – **316** часов;

**контактная внеаудиторная работа:** контроль самостоятельной работы – **180** часов;

**самостоятельная работа: 46** часов, контроль **54** часа.

**4. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

<b>Планируемые результаты освоения образовательной программы (формируемые компетенции)</b>	<b>Планируемые результаты обучения по дисциплине</b>
ОПК-1 Способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений	ОПК-1.2 Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ с

	использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии
ОПК-2 Способен проводить с соблюдением норм техники безопасности химический эксперимент, включая синтез, анализ, изучение структуры и свойств веществ и материалов, исследование процессов с их участием	ОПК-2.1 Работает с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности  ОПК-2.3 Проводит стандартные операции для определения химического и фазового состава веществ и материалов на их основе
ОПК-6 Способен представлять результаты своей работы в устной и письменной форме в соответствии с нормами и правилами, принятыми в профессиональном сообществе	ОПК-6.1. Представляет результаты работы в виде отчета по стандартной форме на русском языке

### 5. Форма промежуточной аттестации и семестр прохождения:

экзамен в 3-м семестре,

экзамен в 4-м семестре.

### 6. Язык преподавания русский.

## II. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

Учебная программа – наименование разделов и тем	Всего (час.)	Контактная работа (час.)		Самостоятельная работа	Контроль
		Лекции	Лабораторные работы		
1. Введение в аналитическую химию. Теоретические основы	34	4	12	8	10
2. Кислотно-основные равновесия. Расчет pH в гомогенных системах	44	6	20	8	10
3. Реакции комплексообразования.	34	4	20	-	10
4. Окислительно-восстановительные реакции	34	4	20	-	10
5. Процессы осаждения и соосаждения.	37	3	16	6	12
6. Методы выделения, разделения и концентрирования.	36	3	10	9	14
7. Хроматографические методы анализа.	44	3	20	9	12

8.Гравиметрические методы анализа	30	4	8	18	-
9.Титриметрические методы анализа	30	4	8	18	-
10.Кислотно-основное титрование	58	4	30	8	16
11.Окислительно-восстановительное титрование	32	2	18	-	12
12.Комплексонометрическое титрование	32	2	18	-	12
13.Осадительное титрование	30	2	16	-	12
14.Физико-химические методы анализа	8	2	-	6	-
15.Спектроскопические методы анализа	76	2	50	4	20
16.Электрохимические методы анализа	79	3	50	6	20
17. Курсовая работа по дисциплине «Аналитическая химия»	10				10
Итого:	648	52	316	100	180

### III.Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Учебная программа – наименование разделов и тем (в строгом соответствии с разделом II РПД)	Вид занятия	Образовательные технологии
1. Введение в аналитическую химию. Теоретические основы	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• решение задач и упражнений</li> <li>• проверка домашних заданий</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• информационные (показ презентаций)</li> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> <li>• здоровьесберегающие технологии</li> </ul>

<p>2. Кислотно-основные равновесия. Расчет pH в гомогенных системах</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• решение задач и упражнений</li> <li>• проверка домашних заданий</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• информационные (показ презентаций)</li> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> <li>• здоровьесберегающие технологии</li> </ul>
<p>3. Реакции комплексообразования.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• решение задач и упражнений</li> <li>• проверка домашних заданий</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• информационные (показ презентаций)</li> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> <li>• здоровьесберегающие технологии</li> </ul>
<p>4. Окислительно-восстановительные реакции</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• решение задач и упражнений</li> <li>• проверка домашних заданий</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• информационные (показ презентаций)</li> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> <li>• здоровьесберегающие технологии</li> </ul>
<p>5. Процессы осаждения и соосаждения.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• решение задач и упражнений</li> <li>• проверка домашних заданий</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• информационные (показ презентаций)</li> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> <li>• здоровьесберегающие технологии</li> </ul>

<p>6. Методы выделения, разделения и концентрирования.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• решение задач и упражнений</li> <li>• проверка домашних заданий</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• информационные (показ презентаций)</li> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> <li>• здоровьесберегающие технологии</li> </ul>
<p>7. Хроматографические методы анализа.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• решение задач и упражнений</li> <li>• проверка домашних заданий</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• информационные (показ презентаций)</li> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> <li>• здоровьесберегающие технологии</li> </ul>
<p>8. Гравиметрические методы анализа</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• лабораторная работа в химической лаборатории</li> <li>• решение задач и упражнений</li> <li>• проверка домашних заданий</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• информационные (показ презентаций)</li> <li>• технология исследовательской деятельности (химический эксперимент)</li> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> <li>• здоровьесберегающие технологии</li> </ul>

<p>9. Титриметрические методы анализа</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• решение задач и упражнений</li> <li>• проверка домашних заданий</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• информационные (показ презентаций)</li> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> <li>• здоровьесберегающие технологии</li> </ul>
<p>10. Кислотно-основное титрование</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• решение задач и упражнений</li> <li>• проверка домашних заданий</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• информационные (показ презентаций)</li> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> <li>• здоровьесберегающие технологии</li> </ul>
<p>11. Окислительно-восстановительное титрование</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• решение задач и упражнений</li> <li>• проверка домашних заданий</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• информационные (показ презентаций)</li> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> <li>• здоровьесберегающие технологии</li> </ul>
<p>12. Комплексометрическое титрование</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• решение задач и упражнений</li> <li>• проверка домашних заданий</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• цифровые (показ презентаций)</li> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> <li>• здоровьесберегающие технологии</li> </ul>

<p>13.Осадительное титрование</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• решение задач и упражнений</li> <li>• проверка домашних заданий</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• информационные (показ презентаций)</li> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> <li>• здоровьесберегающие технологии</li> </ul>
<p>14.Физико-химические методы анализа</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• решение задач и упражнений</li> <li>• проверка домашних заданий</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• информационные (показ презентаций)</li> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> <li>• здоровьесберегающие технологии</li> </ul>
<p>15.Спектроскопические методы анализа</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• решение задач и упражнений</li> <li>• проверка домашних заданий</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• информационные (показ презентаций)</li> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> <li>• здоровьесберегающие технологии</li> </ul>
<p>16.Электрохимические методы анализа</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• решение задач и упражнений</li> <li>• проверка домашних заданий</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• информационные (показ презентаций)</li> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> <li>• здоровьесберегающие технологии</li> </ul>



17. Курсовая работа по дисциплине «Аналитическая химия»	<ul style="list-style-type: none"> <li>• написание и оформление курсовой работы</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• технология исследовательской деятельности</li> </ul>
---	--	---

**IV. Оценочные материалы для проведения текущей и промежуточной аттестации**

**1 семестр  
РАССЧЕТ БАЛЛОВ В 1 СЕМЕСТРЕ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ «НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»  
1 модуль**

№	Результат (индикатор)	Вид работы / способ	Критерии оценивания
1	ОПК-1 ОПК-2	Лабораторные работы-8	12 (1,5 балла за 1 лабораторную работу)
2	ОПК-6	Контрольная работа №1 Контрольная работа № 2	7* 7 *(8 заданий, 3 вопроса и 5 задач; 0,5 балла за правильный ответ на вопрос и 1 за правильно решенную задачу)
3		Выполнение домашней работы,	1
4		Посещаемость	1
5		Работа на занятии	2
		<b>Итого:</b>	<b>30</b>

**2 модуль**

№	Результат (индикатор)	Вид работы / способ	Критерии оценивания
1	ОПК-1 ОПК-2	Лабораторные работы - 8	12 (1,5 балл за 1 лабораторную работу)
2	ОПК-6	Контрольная работа № 4 Контрольная работа № 5	7* 7 *(8 заданий, 3 вопроса и 5 задач; 0,5 балла за правильный ответ на вопрос и 1 за правильно решенную задачу)
3		Выполнение домашней работы	1

4		Посещаемость	1
5		Работа на занятии	2
		<b>Итого:</b>	<b>30</b>
6		<b>Экзамен</b>	<b>40 (4 задания в билете по 10 баллов)</b>
		<b>Итого за 1 семестр</b>	<b>100 баллов</b>

**2 семестр**  
**РАССЧЕТ БАЛЛОВ В 2 СЕМЕСТРЕ**  
**ПО ДИСЦИПЛИНЕ «НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»**

**1 модуль**

№	Результат (индикатор)	Вид работы / способ	Критерии оценивания
1	ОПК-1 ОПК-2	Лабораторные работы-6	9 (1,5 балла за 1 лабораторную работу)
2	ОПК-6	Контрольная работа №1 Контрольная работа № 2 Контрольная работа № 3	<b>5*</b> <b>5</b> <b>5</b> <b>*(6 заданий, 2 вопроса и 4 задачи; 0,5 балла за правильный ответ на вопрос и 1 за правильно решенную задачу)</b>
3		Выполнение домашней работы,	2
4		Посещаемость	1
5		Работа на занятии	3
		<b>Итого:</b>	<b>30</b>

**2 модуль**

№	Результат (индикатор)	Вид работы / способ	Критерии оценивания
1	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-6	Лабораторные работы - 8	12 (1,5 балл за 1 лабораторную работу)
2		Контрольная работа № 4 Контрольная работа № 5	<b>5*</b> <b>5</b> <b>*(6 заданий, 2 вопроса и 4 задачи; 0,5 балла за правильный ответ на вопрос и 1 за</b>

		Тест	правильно решенную задачу)  3 (тест содержит 20 вопросов, 1 правильный ответ -0,15 балла)
3		Выполнение домашней работы	2
4		Посещаемость	1
5		Работа на занятии	2
		<b>Итого:</b>	<b>30</b>
6		Экзамен	40 (4 задания в билете по 10 баллов)
		<b>Итого за 1 семестр</b>	<b>100 баллов</b>

**Вопросы к коллоквиуму по теме «Аналитические свойства катионов I и II групп»  
(NH<sup>+</sup><sub>4</sub>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Ba<sup>2+</sup>, Sr<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>)**

1. Почему катионы I группы не имеют группового реагента?
2. В чем заключаются особенности иона магния по сравнению с другими катионами I группы? Как они используются в ходе анализа?
3. Какие свойства имеет ион магния с ионами II группы?
4. Почему для обнаружения катионов I группы необходимо удалить катионы II группы?
5. Какие катионы I группы можно открыть дробным путем в смеси катионов I-II групп?
6. Какая реакция на ионы аммония более специфична: реакция выделения аммиака под действием щелочи или с реактивом Неслера?
7. Обнаружению каких катионов I группы мешает ион аммония? (указать реакции).
8. Как удалить ионы аммония? Как проверить полноту удаления?
9. Почему при термическом разложении солей аммония рекомендуется прибавлять концентрированную азотную кислоту?
10. Как разлагается при прокаливании хлорид, нитрат, сульфат, фосфат, карбонат, хромат аммония?
11. Какое нерастворимое соединения остается при обработки водой остатка после термического удаления аммонийных солей?
12. Растворяется ли двойной фосфат магния и аммония в кислотах? Какие продукты образуются в зависимости от кислоты?
13. Обнаружению каких катионов I группы мешает магний?

14. Почему реакцию калия с кобальтинитритом натрия нельзя проводить в щелочной среде?
15. Почему в качестве группового реагента используется карбонат аммония? Покажите, что использование хромата, сульфата, оксалата, фосфата нецелесообразно?
16. Почему в присутствии солей аммония не образуется осадок основного карбоната магния?
17. Почему нужно проводить осаждение карбонатов II группы при нагревании (но не при кипячении)?
18. В чем причины неполного осаждения карбонатов II группы при действии карбоната аммония? Каковы способы их устранения?
19. Можно ли вместо хлорида аммония использовать сульфат аммония при осаждении катионов II группы?
20. Как рассчитать значение pH полного осаждения карбонатов II группы? Покажите, что гидроксид магния в этих условиях не образуется.
21. Почему не применяют карбонат натрия или калия в качестве группового реагента?
22. Как перевести сульфаты II группы в карбонаты? В каких условиях и почему необходима многократная обработка осадка сульфатов II группы карбонатом натрия и нагревание?
23. Почему сульфат кальция растворим в солях аммония?
24. В чем растворимы фосфаты II группы? Какие продукты получаются при растворении в различных кислотах (хлористоводородной, уксусной)?
25. Почему в кислой среде нельзя осадить двузамещенные фосфаты катионы II группы?
26. Почему в уксуснокислой среде из смеси катионов бария, стронция кальция выпадает в осадок только хромат бария?
27. Почему при действии бихромата калия на раствор соли бария выпадает осадок хромата бария?
28. Почему хромат бария растворяется в уксусной кислоте при нагревании?
29. Как можно растворить хроматы бария и стронция? Какие продукты получаются при нагревании в различных кислотах (хлористоводородной, уксусной)?
30. Каковы причины ошибок при обнаружении бария с бихроматом калия в присутствии стронция?
31. В чем растворяются оксалаты II группы? Какие продукты образуются при растворении в различных кислотах (хлористоводородной, уксусной)?
32. Как магний растворяется с оксалатом аммония?
33. Какие способы разделения катионов II группы вы можете предложить?
34. Какие методы разделения и обнаружения кальция и стронция вы можете предложить?
35. Какие органические реагенты можно использовать для разделения и обнаружения катионов II группы?
36. Как можно объяснить образование стронция при действии гипсовой воды на раствор соли стронция?

37. Каковы возможные источники ошибок при обнаружении стронция реакцией с гипсовой водой?
38. Как реагирует ферроцианид калия с ионами стронция и кальция в присутствии аммиака и хлорида аммония? Каковы свойства ферроцианида кальция?
39. Что такое предварительные реакции?
40. Какие предварительные реакции необходимо провести при анализе смеси катионов I и II групп?

### **Вопросы к коллоквиуму по теме**

#### **«Аналитические свойства катионов III группы»**

1. Рассчитайте pH полного осаждения сульфидов III группы. Сформулируйте условия отделения III группы от I и II групп.
2. Почему при действии  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$  в условиях осаждения катионов III группы алюминий и хром осаждаются в виде гидроокисей?
3. Почему осаждение сульфидов следует проводить при нагревании? Какую роль играет хлорид аммония при осаждении сульфидов?
4. Как растворить трудно растворимые сульфиды металлов III группы? Напишите уравнения соответствующих реакций.
5. Как используют явление амфотерности при разделении катионов?
6. Приведите примеры разделения ионов, основанные на применении комплексообразования.
7. Рассчитайте концентрацию сульфид-иона в растворе сульфида аммония при  $\text{pH}=9$ .
8. При анализе смеси ионов  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  действуют избытком щелочи и перекиси водорода при нагревании. Что остается в растворе, что будет в осадке?
9. Общие реакции катионов III группы.
10. Правила осаждения катионов III группы в виде сульфидов и гидроксидов.
11. Расчет  $[\text{S}^{2-}]$ , необходимой для осаждения сульфида цинка.
12. Расчет концентраций ионов, образующихся в растворе  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ .
13. Равновесие в растворах малорастворимых электролитов.
14. Факторы влияющие на растворимость осадка (влияние одноименного иона, посторонних электролитов, pH, комплексообразования, гидролиза).
15. Последовательность образования осадков.
16. Растворимость малорастворимых соединений в кислотах.

### **Вопросы к коллоквиуму**

#### **«Гравиметрический метод анализа»**

1. Сущность гравиметрического метода.
2. Механизм образования осадков.
3. Относительное пересыщение. Как оно связано с числом центров кристаллизации, скоростью кристаллизации, размеров кристаллов
4. Охарактеризовать условия получения кристаллических осадков.

5. Почему осаждение  $\text{BaSO}_4$  проводят: а) из разбавленных растворов; б) в кислой среде; в) при нагревании растворов; г) в присутствии солей аммония? Механизм образования аморфных осадков.
6. «Гравиметрический метод анализа»
7. Причины загрязнения осадков: адсорбция, окклюзия, изоморфизм.
8. Аналитические приемы, используемые для уменьшения адсорбции и окклюзии.
9. Форма осаждения, требования к ней.
10. Гравиметрическая форма, требования к ней.
11. Выбор величины навески.
12. Выбор осадителя. Количество осадителя.
13. Как влияют количество промывной жидкости и кратность промывания на эффективность промывания?
14. Какие растворители используют в качестве промывной жидкости. Привести пример.
15. Фактор пересчета, его физический смысл.
16. Какую соль бария –  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{BaBr}_2$ ,  $\text{BaCl}_2$  или  $\text{Ba}(\text{ClO}_4)_2$  целесообразно использовать в качестве осадителя для получения наиболее чистого осадка  $\text{BaSO}_4$ ? Объяснить почему.
17. Будет ли результат определения железа по методике – осаждение  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  и взвешивание  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – завышен, занижен или правилен в перечисленных случаях: а) осаждение вели из разбавленных растворов при комнатной температуре; б) осадок  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  оставили настаиваться с маточным раствором; в) в растворе присутствовали фторид - ионы  $\text{F}^-$ ; г) в растворе присутствовали ионы  $\text{Al}^{3+}$ ; д) осадок  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  промыли чистой водой вместо раствора, содержащего соль аммония и аммиак?
18. В сущность метода декантации? С какой целью используют промывание этим методом?
19. Какие условия необходимо создать для коагуляции коллоидных растворов? К каким ошибкам гравиметрического определения может привести образование коллоидных растворов? Привести примеры.
20. Что такое пептизация осадка? Как предотвратить пептизацию осадков ( $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ,  $\text{AgCl}$ ) при их промывании?
21. В каком случае потери при промывании осадка  $\text{CaC}_2\text{O}_4$ : а) 100мл воды; б) 100мл 0,1М  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ ; в) 500мл воды будут наибольшими и в каком – наименьшими?
22. Наиболее распространенные органические осадители. Их преимущества.
23. Неорганические осадители.
24. Привести примеры разделения ионов за счет комплексообразования.
25. В чем сущность осаждения с коллектором.
26. Разделение ионов методом экстракции.
27. Хроматографические методы разделение  
- ионообменная хроматография

- распределительная хроматография
  - адсорбционная хроматография
  - осадочная хроматография – газожидкостная хроматография
28. Вычислить интервал значения pH раствора в котором обеспечивается количественное разделение в виде гидроксидов: а)  $\text{Fe}^{3+}$  от  $\text{Mg}^{2+}$ ; б)  $\text{Al}^{3+}$  от  $\text{Mg}^{2+}$  в)  $\text{Ni}^{2+}$  от  $\text{Mg}^{2+}$  г)  $\text{Fe}^{3+}$  от  $\text{Ca}^{2+}$  д)  $\text{Al}^{3+}$  от  $\text{Ca}^{2+}$

### Вопросы к коллоквиуму

#### «Окислительно – восстановительные реакции»

1. Стандартный потенциал окислительно-восстановительной системы. Факторы влияющие на величину  $E^0$ .
2. Направление ОВР. Как определить направление реакции, зная стандартные потенциалы соответствующих пар.
3. Построение кривой ОВ титрования. От чего зависит вид кривых и скачек титрования.
4. Расчет потенциалов в точке эквивалентности.
5. Классификация методов окислительно-восстановительного титрования, область применения.
6. Индикаторы ред-окс титрования. Интервал перехода окраски. От чего зависят их показания? Как подбирают индикаторы. Величина скачка титрования составила 0,84-1,02. Какие индикаторы можно использовать в этом случае?
7. Установочные вещества в редокститровании. Охарактеризуйте свойства установочных веществ в перманганатометрии, иодометрии, хромометрии.
8. Перманганатометрия. Сущность метода.
9. Стандартные растворы в перманганатометрии. Как готовят и хранят титрованный раствор  $\text{KMnO}_4$ . Напишите уравнения реакции разложения  $\text{KMnO}_4$ : что соответствует ее протеканию?
10. Перманганатометрическое определение окислителей и восстановителей: условия, примеры – объясните с точки зрения увеличения реальной разности потенциалов.
11. Перманганатометрическое определение железа. Методы предварительного восстановления Fe (III). Какова роль смеси Цицермана-Рейнгардта при перманганатометрическом определении в солянокислой среде.
12. Как объясняют условия перманганатометрических определений: нагревание до  $80^\circ$ , медленное прибавление титранта, высокая кислотность.
13. Йодометрия. Общая характеристика метода. Условия йодометрических определений. Приведите уравнения соответствующих реакций.
14. Рабочие растворы в йодометрии. Приготовление, стандартизация и хранение растворов  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  и  $\text{I}_2$ . Индикатор. Почему при йодометрическом определении растворы отстаивают некоторое время в темноте, затем титруют до соломенно-желтого цвета и только потом добавляют крахмал?
15. Йодометрическое определение сульфидов. Почему метод обратного титрования предпочтительнее метода прямого титрования?

16. Йодометрическое определение окислителей и восстановителей: сульфитов, сульфидов, хроматов, арсенатов, нитратов. Условия реального увеличения разности потенциалов.
17. Броматометрия. Примеры броматометрических определений.
18. Хроматометрия. Определения железа. В каких условиях дифениламин не дает ошибки в конечной точки титрования.
19. Скорость и механизм окислительно-восстановительных реакций на примере взаимодействия  $KMnO_4$  с оксалатом.
20. Каталитические окислительно-восстановительные реакции. Какова роль  $Mn^{2+}$  в перманганатном окислительном титровании.
21. Сопряженные окислительно-восстановительные реакции, фактор индукции. Как объяснить тот факт, что в присутствии  $Mn^{2+}$  не идет сопряженная реакция окисления хлоридов при перманганатометрическом определении железа?
22. Предложите методы определения кальция (весовой, кислотно-основное и редокститрование, хелатометрия).
23. Ред-окс методы определения Fe(II)(III).
24. Методы определения нитритов.
25. Йодометрическое определение меди. Чем вызвано протекание реакции в нужном направлении?
26. Каким из ред-окс методов и при каком соотношении реагентов можно определить содержание кислоты в растворе?

### Шкала оценивания выполнения индикаторов:

Индикатор считается выполненным, если либо во время текущей, либо промежуточной аттестации студент набрал как минимум пороговое количество баллов за те виды активности, которые отвечают за данный индикатор.

#### 1-й семестр

№	Индикатор	Текущая аттестация		Промежуточная аттестация (экзамен)	
		Порог	Максимум	Порог	Максимум
1	ОПК-1.2 ОПК-2.1 ОПК-2.3 ОПК-6.1	20	60	20	40

#### 2-й семестр

№	Индикатор	Текущая аттестация		Промежуточная аттестация (экзамен)	
		Порог	Максимум	Порог	Максимум



1	ОПК-1.1 ОПК-2.1 ОПК-2.3 ОПК-6.1	20	60	20	40
---	--	----	----	----	----

### **Шкала и критерии выставления оценок за дисциплину:**

Шкала и критерии выставления оценок «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» и «неудовлетворительно» описаны в локальной нормативной документации Тверского государственного университета (Положение о рейтинговой системе обучения студентов ТвГУ). Положительная оценка может быть выставлена только в том случае, если выполнены все индикаторы.

## **V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **1) Рекомендуемая литература**

#### **а) Основная литература:**

1. Аналитическая химия. Учебник / Мовчан Н.И., Романова Р.Г., Горбунова Т.С. и др. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 394 с. - Электронный ресурс. — Режим доступа:

<http://znanium.com/go.php?id=431581>

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

#### **б) Дополнительная литература:**

1. Аналитическая химия [Электронный ресурс]: сборник лабораторных работ для студентов технических направлений дневной и заочной форм обучения/ — Электрон. текстовые данные.— Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2014.— 62 с.— Режим доступа:

<http://www.iprbookshop.ru/45072.html>.

2. Трифонова А.Н. Аналитическая химия [Электронный ресурс]: лабораторный практикум. Учебное пособие/ Трифонова А.Н., Мельситова И.В.— Электрон. текстовые данные.— Минск: Вышэйшая школа, 2013.— 161 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/24051.html>

### **2) Программное обеспечение**

#### **а) Лицензионное программное обеспечение:**

- Microsoft Office профессиональный плюс 2013
- Microsoft Windows 10 Enterprise
- HyperChem

#### **б) Свободно распространяемое программное обеспечение**

- Google Chrome

### 3) Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

- ЭБС «ZNANIUM.COM» [www.znanium.com](http://www.znanium.com);
- ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <https://biblioclub.ru/>;
- ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com>

### 4) Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети “Интернет”, необходимых для освоения дисциплины

1. Аналитическая химия в России  
<http://www.rusanalytchem.org/default.aspx>
2. Полезная информация по химии - <http://www.alhimikov.net/>
3. Российский химико-аналитический портал - <http://www.anchem.ru>
4. Словари и энциклопедии - <http://dic.academic.ru>
5. Электронная библиотека по химии -  
<http://www.chemnet.ru/rus/elbibch.html>
6. <http://elibrary.ru/>

## VI. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины

### Программа для самоконтроля и контроля преподавателем результативности изучения дисциплины

*Программы коллоквиумов.*

*I коллоквиум. Равновесие в гомогенных системах. Кисотно-основное равновесие. Кисотно-основное титрование.*

Константы равновесия реакций и процессов. Ионное состояние вещества в идеальных и реальных системах. Структура растворителей и раствора. Сольватация, ионизация, диссоциация. Поведение электролитов и неэлектролитов в растворах. Теория Дебая-Хюккеля. Термодинамическая константа равновесия. Активность и коэффициент активности. Концентрационные константы. Общая и равновесная концентрация. Условные константы.

Кисотно-основное равновесие. Современные представления о кислотах и основаниях. Теория Льюиса. Теория Бренстеда-Лоури. Равновесие в системе кислота – сопряжённое основание – растворитель. Константы кислотности и основности. Кислотные и основные свойства растворителей. Константа автопротолиза. Влияние природы растворителя на силу кислоты и основания. Нивелирующий и дифференцирующий эффекты растворителя.

Кисотно-основное равновесие в многокомпонентных системах. Буферные растворы и их свойства. Буферная ёмкость. Вычисление рН растворов одно- и многоосновных кислот и оснований, смесей кислот и оснований. Графическое

описание кислотно-основного равновесия (распределительные и концентрационно-логарифмические диаграммы).

Титриметрические методы. Классификация. Требования, предъявляемые к реакции в титриметрическом анализе. Прямое, обратное и косвенное титрование. Способы выражения концентраций растворов в титриметрии. Эквивалент. Молярная масса эквивалента. Первичные стандартные растворы, требования к ним. Фиксаналы. Вторичные стандартные растворы. Виды кривых титрования. Скачок титрования. Точка эквивалентности и конечная точка титрования.

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.

Практическое применение. Первичные стандартные растворы 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. Определение азота по методу Кьельдаля и солей аммония прямым и косвенным методами. Определение нитратов и нитритов.

*II коллоквиум. Равновесия реакций комплексообразования и окисления-восстановления. Комплексонометрическое и окислительно-восстановительное титрование.*

Комплексообразование. Основные признаки комплексных соединений. Координационное число. Дентатность. Классификация комплексных соединений по характеру взаимодействия металл-лиганд, по однородности лиганда и комплексообразователя: внутрисферные и внешнесферные, однороднолигандные и смешаннолигандные, полиядерные комплексы. Хелаты, внутрикомплексные соединения. Свойства комплексных соединений, имеющие аналитическое значение: устойчивость, растворимость, окраска, летучесть.

Ступенчатое комплексообразование. Количественные характеристики реакций образования комплексных соединений: константы устойчивости (ступенчатые и общие), функция и степень образования. Скорость реакций комплексообразования. Факторы, влияющие на устойчивость комплексов. Хелатный эффект.

Органические реагенты. Функционально-аналитические группы. Влияние структуры органических реагентов на их свойства. Роль различных функциональных групп. Теория аналогий взаимодействия ионов металлов с неорганическими и органическими реагентами. Важнейшие органические реагенты, применяемые в анализе.

Аналитически важные свойства комплексных соединений. Влияние комплексообразования на кислотно-основные и окислительно-восстановительные свойства соединений, растворимость, стабилизацию различных степеней окисления элементов. Возможности использования комплексных соединений в различных методах анализа.

Окислительно-восстановительные реакции. Электродный потенциал. Уравнение Нернста. Стандартный и формальный потенциалы. Влияние электростатических и химических взаимодействий на потенциал: ионной силы, рН, образования комплексных и малорастворимых соединений. Константы равновесия и направление окислительно-восстановительного процесса. Факторы, влияющие на направление окислительно-восстановительных реакций. Понятие о смешанном потенциале. Механизмы окислительно-восстановительных реакций. Основные окислители и восстановители, применяемые в анализе.

Комплексометрическое титрование. Неорганические и органические титранты в комплексометрии. Использование аминополикарбоновых кислот в комплексометрии. Построение кривых титрования. Металлохромные индикаторы и требования, предъявляемые к ним. Важнейшие универсальные и специфические металлохромные индикаторы. Прямое, обратное, вытеснительное и косвенное титрование. Селективность титрования и способы её повышения. Погрешность титрования.

Практическое применение. Определение кальция, магния, железа, алюминия, меди, цинка в растворах чистых солей и при совместном присутствии. Определение анионов.

Окислительно-восстановительное титрование. Построение кривых титрования. Факторы, влияющие на характер кривых титрования: концентрация ионов водорода, комплексообразование, ионная сила. Способы определения конечной точки титрования. Индикаторы. Погрешность титрования. Методы окислительно-восстановительного титрования.

Перманганатометрия. Определение железа (II), марганца (II), оксалатов, пероксида водорода, нитритов.

Иодометрия и иодиметрия. Система иод-иодид как окислитель или восстановитель. Определение арсенитов, арсенатов, железа (III), меди (II), галогенид-ионов, пероксидов, кислот. Определение воды и функциональных групп органических соединений.

Бихроматометрия. Определение железа (II), урана (IV).

Броматометрия, цериметрия, ванадатометрия, титанометрия, хромометрия.

Первичные и вторичные стандарты. Индикаторы. Определение неорганических и органических соединений.

Скорость реакций в химическом анализе. Быстрые и медленные реакции.

Факторы, влияющие на скорость реакций. Катализаторы, ингибиторы.

Автокаталитические реакции. Индуцированные и сопряжённые реакции.

Индукционный фактор. Примеры ускорения и замедления реакций и процессов, используемых в химическом анализе.



III коллоквиум. Равновесие в системе осадок – раствор. Гравиметрический метод. Методы разделения и концентрирования: осаждение и экстракция.

Равновесие в системе осадок – раствор. Произведение растворимости. Правило произведения растворимости. Растворимость. Факторы, влияющие на растворимость: температура, ионная сила, одноимённый ион, конкурирующие реакции, структура и размер частиц.

Гравиметрический метод. Сущность гравиметрического анализа, преимущества и недостатки. Требования к осаждаемой и гравиметрической формам. Образование осадка. Образование и свойства коллоидных частиц. Кристаллические и аморфные осадки. Зависимость структуры осадка от его индивидуальных свойств (растворимости, полярности молекул) и условий осаждения (концентрации осаждаемого иона и осадителя, солевого состава раствора и pH, температуры). Зависимость формы осадка от скорости образования первичных частиц, их роста. Условия получения кристаллических и аморфных осадков. Гомогенное осаждение. Старение осадка. Причины загрязнения осадка (совместное осаждение, соосаждение, последующее осаждение). Классификация различных видов соосаждения (адсорбция, окклюзия, изоморфизм и др.). Способы уменьшения соосаждения. Положительное и отрицательное значения явления соосаждения в анализе. Погрешности в гравиметрическом анализе. Изменения состава осадка при высушивании и прокаливании.

Практическое применение. Прямые и косвенные методы определения. Важнейшие органические и неорганические осадители. Определение железа, алюминия, кальция, магния, никеля, кобальта, цинка. Определение серы, фосфора, кремния и хлора в органических и неорганических соединениях.

Методы разделения и концентрирования. Роль в химическом анализе, выбор и оценка. Сочетание методов разделения и концентрирования с методами определения; гибридные методы. Разделение сопоставимых количеств элементов и отделение малых количеств от больших. Одноступенчатые и многоступенчатые процессы разделения. Константы распределения. Коэффициент распределения. Степень извлечения. Фактор разделения. Коэффициент концентрирования.

Осаждение. Применение неорганических и органических реагентов для осаждения. Способы разделения путём варьирования pH, 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 коллекторах.

Экстракция. Теоретические основы. Закон распределения. Классификация экстракционных процессов. Скорость экстракции. Типы экстракционных систем. Условия экстракции неорганических и органических соединений. Реэкстракция. Природа и характеристика экстрагентов.

Разделение элементов методом экстракции. Основные органические реагенты, используемые для разделения элементов методом экстракции. Селективное

разделение элементов методом подбора органических растворителей, изменения рН водной фазы, маскирования и демаскирования. Приборы для экстракции.

IV коллоквиум. Спектроскопические методы анализа.

Спектр электромагнитного излучения. Энергия фотонов, длина волны, частота, волновое число; связь между ними; термины, символы, единицы измерения. Составляющие внутренней энергии частиц и соответствующие им диапазоны электромагнитного излучения. Основные типы взаимодействия вещества с излучением: эмиссия (тепловая, люминесценция), поглощение, рассеяние. Классификация спектроскопических методов по природе частиц, взаимодействующих с излучением (атомные, молекулярные); характеру процесса (абсорбционные, эмиссионные); диапазону электромагнитного излучения.

Спектры атомов. Основные и возбужденные состояния атомов, характеристики состояний. Энергетические переходы, правила отбора. Вероятности электронных переходов и времена жизни возбужденных состояний. Характеристики спектральных линий: положение в спектре, интенсивность, полуширина. Причины уширения спектральных линий.

Спектры молекул; их особенности. Схемы электронных уровней молекулы. Электронные, колебательные и вращательные спектры молекул. Зависимость вида спектра от агрегатного состояния вещества.

Основные законы испускания и поглощения электромагнитного излучения. Связь аналитического сигнала с концентрацией определяемого компонента. Основные способы определения концентрации в спектроскопических методах.

Аппаратура. Способы монохроматизации лучистой энергии. Классификация спектральных приборов, их характеристики: дисперсия, разрешающая способность, светосила. Приемники излучения: фотоэмульсия, фотоэлементы, фотоумножители, полупроводниковые приемники. Инструментальные помехи. Шумы и отношение сигнал-шум.

Молекулярная абсорбционная спектроскопия (спектрофотометрия). Связь химической структуры соединения с абсорбционным спектром. Способы получения окрашенных соединений. Фотометрические аналитические реагенты, требования к ним. Способы определения концентрации веществ. Измерение высоких, низких оптических плотностей (дифференциальный метод). Анализ многокомпонентных систем. Спектрофотометрия как метод исследования реакций в растворах (комплексообразования, протолитических, агрегации), сопровождающихся изменением спектров поглощения. Метрологические характеристики и аналитические возможности. Примеры практического применения.

Принципиальная схема прибора. Классификация аппаратуры с точки зрения способа монохроматизации (фотометры, спектрофотометры). Главные причины отклонения от основного закона светопоглощения (инструментальные и физико-химические).

Место и роль спектроскопических методов в аналитической химии и химическом анализе.

Уколловвиум. *Электрохимические методы анализа.*

Общая характеристика электрохимических методов. Классификация. Электрохимические ячейки. Индикаторный электрод и электрод сравнения. Равновесные и неравновесные электрохимические системы. Явления, возникающие при протекании тока (омическое падение напряжения, концентрационная и кинетическая поляризация).

Поляризационные кривые и их использование в различных электрохимических методах.

Прямая потенциометрия. Измерение потенциала. Обратимые и необратимые окислительно-восстановительные системы. Индикаторные электроды. Ионметрия. Классификация ионоселективных электродов: электроды с гомогенными и гетерогенными кристаллическими мембранами, стеклянные электроды, электроды с подвижными носителями, ферментные и газочувствительные электроды. Электродная функция, коэффициент селективности, время отклика.

Примеры практического применения ионметрии. Определение pH, ионов щелочных металлов, галогенид-ионов.

Потенциометрическое титрование. Изменение электродного потенциала в процессе титрования. Способы обнаружения конечной точки титрования, индикаторы. Использование реакций: кислотно-основных, осаждения, комплексообразования, окисления-восстановления.

Примеры практического применения. Титрование фосфорной, смесей соляной и борной, соляной и уксусной кислот в водно-органических средах. Определение иодидов и хлоридов при совместном присутствии. Использование окислительно-восстановительного титрования для определения ионов металлов разных степеней окисления.

Вольтамперометрия. Сущность метода. Классификация вольтамперометрических методов. Индикаторные электроды. Преимущества и недостатки ртутного электрода. Применение твердых электродов. Характеристики вольтамперной кривой. Емкостный, миграционный, диффузионный токи. Предельный диффузионный ток.

Ампериметрическое титрование. Сущность метода. Индикаторные электроды. Выбор потенциала индикаторного электрода. Ампериметрическое титрование с одним и двумя поляризованными электродами. Виды кривых титрования.

Примеры практического применения вольтамперометрических методов и ампериметрического титрования. Регистрация и расшифровка полярограммы индивидуального депольризатора - иона металла. Регистрация полярографического спектра. Определение концентрации веществ методом градуировочного графика и методом добавок с использованием классической, осциллографической, переменноточковой вольтамперометрии. Ампериметрическое титрование с одним электродом цинка и бихромата калия.

Кулонометрия. Теоретические основы. Закон Фарадея. Способы определения количества электричества. Прямая кулонометрия и кулонометрическое титрование. Кулонометрия при постоянном токе и постоянном потенциале. Внешняя и внутренняя генерация кулонометрического титранта. Титрование электроактивных и электронеактивных компонентов. Определение конечной точки титрования. Преимущества и ограничения метода кулонометрического титрования по сравнению с другими титриметрическими методами. Примеры практического применения. Определение малых количеств кислоты и щелочи, тиосульфата натрия, ионов металлов-окислителей. Сравнительная характеристика чувствительности и избирательности, областей применения электрохимических методов.

*VI коллоквиум. Хроматографические методы анализа.*

Определение хроматографии. Понятие о подвижной и неподвижной фазах. Классификация методов по агрегатному состоянию фаз, по механизму разделения, по технике выполнения. Способы получения хроматограмм (фронтальный, вытеснительный, элюентный). Параметры удерживания. Основное уравнение хроматографии. Селективность и эффективность хроматографического разделения. Теория теоретических тарелок. Кинетическая теория. Разрешение как фактор оптимизации хроматографического процесса. Качественный и количественный хроматографический анализ.

Газовая хроматография: Газо-адсорбционная (газо-твердофазная) и газо-жидкостная. Сорбенты и носители, требования к ним. Механизм разделения. Схема газового хроматографа. Колонки. Основные типы детекторов, их чувствительность и селективность. Области применения газовой хроматографии.

Жидкостная хроматография. Виды жидкостной хроматографии. Преимущества высокоэффективной жидкостной хроматографии. Схема жидкостного хроматографа. Детекторы, их чувствительность и селективность.

Адсорбционная жидкостная хроматография. Нормально-фазовый и обращенно-фазовый варианты. Полярные и неполярные неподвижные фазы и принципы их выбора. Модифицированные силикагели как сорбенты. Подвижные фазы и принципы их выбора. Области применения адсорбционной жидкостной хроматографии.

Ионообменная хроматография. Строение и физико-химические свойства ионообменников. Ионообменное равновесие. Селективность ионного обмена и факторы, определяющие его. Области применения ионообменной хроматографии. Ионная хроматография как вариант высокоэффективной ионообменной хроматографии. Особенности строения и свойства сорбентов для ионной хроматографии. Одноколоночная и двухколоночная ионная хроматография, их преимущества и недостатки. Ионохроматографическое определение катионов и анионов. Ион-парная и лигандообменная хроматография. Общие принципы. Подвижные и неподвижные фазы. Области применения.



Эксклюзионная хроматография. Общие принципы метода. Подвижные и неподвижные фазы. Особенности механизма разделения. Определяемые вещества и области применения метода.

Планарная хроматография. Общие принципы разделения. Способы получения плоскостных хроматограмм (восходящей, нисходящей, круговой, двумерной). Реагенты для проявления хроматограмм. Бумажная хроматография. Механизмы разделения. Подвижные фазы. Преимущества и недостатки. Тонкослойная хроматография. Механизмы разделения. Сорбенты и подвижные фазы. Области применения.

### Текущий контроль

#### Перечень лабораторных работ

№№	Наименование темы	Наименование лабораторных работ
1	Качественный анализ	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Качественные реакции на катионы I-II аналитических групп. Анализ смеси.</li> <li>2. Качественные реакции на катионы III аналитической группы. Анализ смеси.</li> <li>3. Анализ смеси катионов I-III аналитических групп.</li> <li>4. Качественные реакции на катионы IV-V Анализ смеси.</li> <li>5. Анализ смеси катионов I-V аналитических групп.</li> <li>6. Качественные реакции на анионы. Анализ смеси.</li> <li>7. Анализ индивидуального вещества.</li> </ol>
2	Кислотно - основное титрование	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Приготовление и стандартизация рабочих растворов</li> <li>2. Задача: определение <math>m_{HCl}</math>. Задача: определение <math>m_{H_3PO_4}</math></li> <li>3. Задача: определение <math>m_{HCl}</math> и <math>m_{H_3BO_3}</math> при совместном присутствии</li> <li>4. Определение <math>m_{NaOH}</math> и <math>m(Na_2CO_3)</math> при совместном присутствии.</li> </ol>

3	Осадительное и комплексонометрическое титрование	1. Аргентометрия. 2. Роданометрия 3. Комплексонометрия
4	Гравиметрический метод анализа	1. Определение $Ba^{2+}$ в $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ 2. Определение $Fe^{3+}$ в $NH_4Fe(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$
5	Хроматографический метод анализа	1. Анализ смеси катионов
6	Окислительно-восстановительное титрование	1. Иодометрия 2. Перманганатометрия 3. Бихроматометрия
7	Физико-химические методы анализа Спектрофотометрия Ионометрия и потенциометрическое титрование.	1,2,3. Выбор оптимальных условий фотометрических определений. 4. Метод градуированного графика 5. Метод добавок 6. Определение нитрат-ионов 7. Определение хлорид-ионов 8. Определение ионов кобальта(II) 9,10. Кислотно-основное титрование

### Примерная тематика по выполнению курсовых работ

1. Обзор журналов "Химия и жизнь".
2. Основные этапы развития аналитической химии.
3. Содержание понятий "кислота" и "основание" в процессе развития химической науки.
4. Различные классификации растворителей. Неводные растворители.
5. Свойства воды как растворителя.
6. Буферные растворы и их значение.
7. Кислотно-основные индикаторы.
8. Окислительно-восстановительные индикаторы.
9. Кислотно-основное титрование в неводных средах.
10. Перманганатометрия.

11. Бихроматометрия.
12. Йодометрические методы анализа.
13. Применение окислительно-восстановительного титрования.
14. Общая характеристика современных физико-химических методов анализа.
15. Неорганические и органические осадители.
16. Применение комплексных соединений в химическом анализе.
17. Использование окислительно-восстановительных реакций в химическом анализе.
18. Качественный анализ: этапы развития.
19. Количественный анализ: этапы развития.
20. Протолитическая теория Бренстеда-Лоури, достоинства и недостатки её.
21. Дальнейшее развитие теории Бренстеда-Лоури в работах Измайлова.
22. Химическая теория растворов Д. И. Менделеева.
23. Электрохимическое осаждение кобальта и его сплавов.
24. Органические соединения в качестве индикаторов: структура, строение, свойства, применение.
25. Настоящее и будущее биосенсоров.
26. Ионоселективные и полевые транзисторы в аналитике.
27. Ионоселективные электроды с откликом на сложные органические соединения.
28. Аналитические применения этилендиаминтетрауксусной кислоты и родственных соединений.
29. Хроматография как метод анализа. Виды хроматографии.
30. Математическая обработка результатов химического анализа.
31. Теоретические основы аналитической химии.
32. Современное представление о науке.
33. Определение рН. Теория и практика.
34. Химия – традиционная и нетрадиционная.
35. Применение ионоселективных мембранных электродов в анализе.
36. Методы анализа природных и промышленных объектов.
37. Новые титриметрические методы.
38. Кинетические методы в аналитической химии.
39. Оптимизация эксперимента в химии и химической технологии.
40. Программированный контроль текущих знаний по аналитической химии.
41. Комплексообразование в аналитической химии.

### *Программа итогового экзамена*

Аналитическая химия. Виды анализа. Стадии химического анализа. Основные характеристики методов анализа. Абсолютные и относительные методы. Выбор метода анализа. Способы повышения чувствительности и избирательности методов. Автоматизация анализа.

*Кислотно-основные реакции.* Протолитическая теория кислот и оснований. Равновесие в системе: кислота – сопряжённое основание – растворитель.

Константы кислотности, основности, автопротолиза. Нивелирующий и дифференцирующий эффекты растворителя.

*Реакции комплексообразования.* Типы и свойства комплексных соединений, используемых в аналитической химии. Количественная характеристика реакций комплексообразования: константа устойчивости. Ступенчатое Комплексообразование. Использование комплексных соединений для разделения, концентрирования, маскирования, обнаружения, определения элементов.

*Органические реагенты* в химическом анализе. Функционально-аналитические и аналитико-активные группы. Влияние строения молекулы на свойства реагента. Применение органических реагентов в анализе.

*Окислительно-восстановительные реакции* в аналитической химии. Обратимые и необратимые окислительно-восстановительные системы и их потенциалы. Уравнение Нернста. Стандартный и реальный окислительно-восстановительные потенциалы. Направление окислительно-восстановительных реакций.

*Реакции осаждения* в аналитической химии. Константы равновесия реакций осаждения. Растворимость осадков. Факторы, влияющие на растворимость. Образование осадков. Кристаллические и аморфные осадки, условия осаждения. Причины загрязнения осадков: совместное осаждение, соосаждение, последующее осаждение. Виды соосаждения. Приёмы, способствующие получению чистых осадков.

Методы разделения и концентрирования. Основы экстракции как метода разделения и концентрирования. Константа распределения, коэффициент распределения. Константа экстракции. Фактор разделения. Условия экстракции неорганических и органических соединений. Практическое применение экстракции.

Методы разделения элементов, основанные на осаждении неорганическими и органическими реагентами. Использование соосаждения для концентрирования микрокомпонентов. Неорганические и органические коллекторы.

*Хроматографические методы.* Принципы и классификация. Хроматограммы и способы их получения. Основные теоретические положения и характеристики методов. Газовая хроматография. Основные теоретические положения. Требования к стационарным и подвижным фазам. Примеры практического применения. Ионообменная хроматография. Высокоэффективная ионная хроматография. Принципы методов. Примеры практического применения. Бумажная и тонкослойная хроматография, их основные теоретические положения. Требования к стационарным и подвижным фазам. Примеры практического применения.

Гравиметрические методы. Сущность. Осаждаемая и гравиметрическая формы. Примеры практического применения.

Титриметрические методы. Способы установления конечной точки титрования.

*Кисотно-основное титрование.* Кривые титрования. Кисотно-основные индикаторы. Погрешности метода кислотно-основного титрования. Титрование смесей кислот и оснований. Титрование в неводных средах.

*Комплексонометрическое титрование.* Преимущества аминополикарбоновых кислот перед другими органическими титрантами. Металлохромные индикаторы, требования к ним. Способы титрования (прямой, обратный, вытеснительный, косвенный). Практическое применение комплексонометрического титрования (определение ионов кальция, магния, железа).

*Окислительно-восстановительное титрование.* Факторы, влияющие на величину скачка потенциала, способы обнаружения конечной точки титрования. Перманганатометрическое, бихроматометрическое, иодометрическое титрование. Первичные и вторичные стандарты. Индикаторы. Примеры практического применения.

Электрохимические методы. Природа аналитического сигнала. Классификация методов. Электрохимическая ячейка. Индикаторные электроды и электроды сравнения.

*Потенциометрия.* Равновесный потенциал. Способы измерения потенциала. Прямая потенциометрия. Индикаторные электроды. Классификация ионоселективных электродов. Характеристики ионоселективных электродов: электродная функция, коэффициент селективности, время отклика. Способы определения коэффициента селективности. Способы прямых потенциометрических измерений. Практическое применение ионометрии: определение pH, pF, pNO<sub>3</sub>.

Потенциометрическое титрование. Общая характеристика метода. Способы нахождения конечной точки титрования. Индикаторные электроды в кислотно-основном, окислительно-восстановительном и осадительном титровании.

*Кулонометрия.* Законы Фарадея. Прямая кулонометрия. Условия потенциометрических измерений: достижение 100%-ного выхода по току; измерение количества электричества; определение конца электрохимической реакции.

Кулонометрическое титрование. Примеры определения электроактивных и электронеактивных веществ. Электрогенерированные кулонометрические титранты. Условия титрования: обеспечение 100%-ного выхода по току; измерение количества электричества; определение конца химической реакции. Преимущества перед другими титриметрическими методами.

*Вольтамперометрия.* Основы метода. Особенности электрохимической ячейки. Теоретические основы классической полярографии. Характеристики полярограммы. Потенциал полуволны. Диффузионный ток. Уравнение Ильковича. Практическое применение полярографии. Качественный анализ. Полярографический спектр. Количественный анализ. Способы определения концентрации вещества. Возможности и ограничения метода.

Амперометрическое титрование. Выбор условий амперометрического титрования. Виды кривых титрования. Примеры практического применения.

Спектроскопические методы. Важнейшие характеристики спектральных линий (положение, интенсивность, ширина). Атомные и молекулярные спектры. Взаимосвязь основных характеристик спектральных линий с природой и количеством вещества (качественный и количественный анализ). *Спектрофотометрический метод.* Основной закон поглощения электромагнитного излучения. Молярный коэффициент поглощения. Применение метода для определения концентрации веществ. Чувствительность и селективность метода. Выбор оптимальных условий проведения фотометрических реакций. Интервал определяемых оптических плотностей. Метод дифференциальной спектрофотометрии, его возможности и преимущества. Спектрофотометрические методы изучения равновесий в растворах. Определение констант кислотной диссоциации органических соединений.

## **VII. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине)**

В ходе изучения дисциплины используется приборная база, которой располагают аудитории кафедры неорганической и аналитической химии химико-технологического факультета

## **VIII. Сведения об обновлении рабочей программы дисциплины**

№п.п.	Обновленный раздел рабочей программы дисциплины	Описание внесенных изменений	Реквизиты документа, утвердившего изменения
1.	Раздел I Аннотация.	Измены часы лекций и практических занятий согласно учебному плану на 2021-2022 уч. год	Протокол №11 от 28.04.21г. заседания ученого совета химико-технологического факультета
2.	Раздел V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	Дополнен список основной и дополнительной литературы	Протокол №11 от 28.04.21г. заседания ученого совета химико-технологического факультета