

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра химии

**Методические указания  
к самостоятельной работе  
и выполнению контрольной работы**

Дисциплина Б1.Б.23 Аналитическая химия  
код и наименование дисциплины

Направление подготовки / специальность 19.03.03 Продукты питания животного происхождения  
код и наименование направления подготовки / специальности

Направленность / специализация \_\_\_\_\_  
наименование направленности (профиля) / специализации образовательной программы

Квалификация выпускника Бакалавр  
указывается квалификация (степень) выпускника в соответствии с ФГОС ВО

Кафедра-разработчик Химия  
название кафедры-разработчика рабочей программы

Мурманск  
2020

Составитель – Деркач Светлана Ростиславовна доктор химических наук профессор

МУ к СР рассмотрены и одобрены на заседании кафедры-разработчика

Химии

название кафедры

05 июня 2019 г. протокол № 10.

## ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

### **Цель изучения дисциплины:**

формирование компетенций в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки бакалавра и учебным планом для направления подготовки 19.03.03 Продукты питания животного происхождения

### **Задачи дисциплины:**

дать необходимые теоретические знания, практические умения и навыки по основам аналитической химии, позволяющие успешно использовать их в профессиональной деятельности

### **В результате изучения дисциплины бакалавр должен:**

#### ***Знать:***

- метрологические основы химического анализа,
- типы реакций и процессов в аналитической химии, их основные закономерности;
- основные методы анализа (гравиметрические, титриметрические);

#### ***Уметь:***

- владеть методологией выбора оптимального метода анализа конкретного объекта и методикой его проведения
- использовать современные аналитические методы исследования и аналитическую технику;
- проводить анализ возможных погрешностей и избегать недочетов при проведении химического анализа
- использовать базовые знания в области аналитической химии в жизненных ситуациях; прогнозировать последствия своей профессиональной деятельности в части, связанной с химическим анализом

#### ***Владеть:***

- проведением эксперимента химического анализа;
- обработкой и представлением полученных результатов в виде отчетов;
- эксплуатировать современную аппаратуру химического анализа и оборудование для выполнения лабораторных биологических работ, связанных с химическим анализом веществ.

### **Содержание разделов дисциплины:**

Предмет аналитической химии. Основные метрологические понятия и представления. Основные стадии химического анализа. Общая характеристика химических и физико-химических методов количественного анализа. Гравиметрический анализ. Титриметрический анализ. Физико-химические методы анализа. Практическое применение

### ***Реализуемые компетенции:***

ОПК-3 – способность осуществлять технологический контроль качества готовой продукции  
ПК-26 – способность проводить эксперименты по заданной методике и анализировать результаты

### ***Формы промежуточной аттестации:***

Заочная форма обучения: курс 2 - зачет

## Планируемые результаты обучения

№ п/п	Код компетенции	Компоненты компетенции, степень их реализации	Результаты обучения
1.	ОПК-3	Компоненты компетенции частично соотносятся с содержанием дисциплины, и компетенция реализуется в части « <i>способность осуществлять технологический контроль качества готовой продукции</i> » в области проведения химического и физико-химического анализа по заданной методике	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– метрологические основы химического анализа,</li> <li>– основные методы анализа (химические, физико-химические)</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– использовать современные аналитические методы исследования и аналитическую технику;</li> <li>– проводить анализ возможных погрешностей и избегать недочетов при проведении химического анализа</li> </ul> <p><b>Владеть</b> навыками:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– проведения эксперимента;</li> <li>– осуществления контроля качества объекта по заданной методике химического и/или физико-химического анализа;</li> <li>– представления полученных результатов в виде отчетов.</li> </ul>
2.	ПК-26	Компоненты компетенции частично соотносятся с содержанием дисциплины, и компетенция « <i>способность проводить эксперименты по заданной методике и анализировать результаты</i> » реализуется в части проведения химического и физико-химического эксперимента	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– метрологические основы химического анализа,</li> <li>– типы реакций и процессов в аналитической химии, их основные закономерности;</li> <li>– основные методы анализа (химические, физико-химические)</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– использовать современные аналитические методы исследования и аналитическую технику;</li> <li>– проводить анализ возможных погрешностей и избегать недочетов при проведении химического анализа</li> <li>– проводить эксперименты по заданной методике и анализировать результаты</li> </ul> <p><b>Владеть</b> навыками:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– проведения эксперимента в области химического и физико-химического анализа;</li> <li>– представления полученных результатов</li> </ul>

**ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН**  
**Самостоятельная работа**

Содержание тем дисциплины	Кол-во часов	
	Очная	Заочная
<b>Модуль 1. Аналитическая химия. Введение. Метрология.</b>		<b>22</b>
Тема 1.1. Предмет аналитической химии, ее структура. Индивидуальность аналитической химии, ее место в системе наук, связь с практикой.		11
Тема 1.2. Метрология химического анализа. Абсолютные (безэталоные) и относительные методы 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.		11
<b>Модуль 2. Химические методы анализа</b>		<b>56</b>
Тема 2.1. Гравиметрический метод анализа. Сущность гравиметрического анализа, преимущества и недостатки метода. Аналитические весы. Погрешности в гравиметрическом анализе. Общая схема определений. Требования к осаждаемой и гравиметрической формам. Примеры практического применения.		10
Тема 2.2. Титриметрические методы анализа. Требования, предъявляемые к реакции в титриметрическом анализе. Виды титриметрических определений: прямое и обратное, косвенное титрование. Способы выражения концентраций растворов в титриметрии. Виды кривых титрования.		10
Тема 2.3. Кислотно-основное титрование. Кислотно-основные индикаторы. Погрешности титрования при определении сильных и слабых кислот и оснований, многоосновных кислот и оснований. Примеры практического применения.		9
Тема 2.4. Окислительно-восстановительное титрование. Способы определения конечной точки титрования; индикаторы. Погрешности титрования. Методы окислительно-восстановительного титрования. Перманганатометрия. Иодометрия и иодиметрия.		9
Тема 2.5. Комплексометрическое титрование. Использование аминополикарбоновых кислот в комплексонометрии. Металлохромные индикаторы и требования, предъявляемые к ним. Погрешности титрования. Примеры практического применения.		9
Тема 2.6. Осадительное титрование. Способы обнаружения конечной точки титрования; индикаторы. Аргентометрия. Погрешности титрования. Примеры практического применения		9
<b>Модуль 3. Физико-химические методы анализа</b>		<b>50</b>

Тема 3.1. Абсорбционная спектроскопия. Закон Бугера-Ламберта-Бера. Молярный показатель поглощения. Оптическая плотность. Фотометрический метод анализа. Прямая фотометрия. Методы определения одного компонента: метод стандартных растворов, метод калибровочного графика, метод добавок. Фотометрическое титрование. Практическое применение.		10
Тема 3.2. Рефрактометрический метод анализа. Способы рефрактометрического определения концентрации растворов: по табличным данным, методом калибровочного графика, методом расчета рефрактометрического фактора.		10
Тема 3.3. Потенциометрический метод анализа. Электроды, применяемые в потенциометрии. Прямая потенциометрия. Метод калибровочного графика. Потенциометрическое титрование. Определение конечной точки титрования. Формы кривых потенциометрического титрования. Практическое применение потенциометрии.		10
Тема 3.4. Кондуктометрический метод анализа. Классификация методов кондуктометрического титрования. Кондуктометрическое титрование. Кривые титрования. Практическое применение.		10
Тема 3.5. Комбинированные методы разделения и анализа. Хроматография. Ионнообменная хроматография. Сущность метода. Практическое применение		10
<b>ИТОГО</b>		128

**Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины «Аналитическая химия», и видов занятий с учетом форм контроля**

Перечень компетенций	Виды занятий								Формы контроля
	Л	ЛР	ПЗ	КР/ КП	р	к/р	э	СРС	
ОПК-3	-	+	-	-	-	+	-	+	Проверка оформления и защита лабораторных работ, выполнение контрольной работы, собеседование по теме СРС
ПК-26	-	+	-	-	-	+	-	+	Проверка оформления и защита лабораторных работ, выполнение контрольной работы, собеседование по теме СРС

**СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

*Основная литература*

№ п/п	Библиографическое описание (название литературного источника)	Наличие		
		Электронно-библиотечная система (ЭБС)	Библиотека МГТУ (печатное издание)	Количество экземпляров печатного издания
1.	Аналитическая химия : учеб. для вузов. В 2 кн. Кн. 1. Титриметрические и гравиметрический методы анализа	-	+	47

	/ В. П. Васильев. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Дрофа, 2002. - 368 с.			
2.	Аналитическая химия : учебник для вузов. В 2 кн. Кн. 2. Физико-химические методы анализа / В. П. Васильев. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Дрофа, 2003, 2002. - 384 с.	-	+	47
3.	Практикум по аналитической химии : учеб. пособие для вузов. [В 2 ч.]. Ч. 1. Классические методы количественного анализа / С. Р. Деркач; Гос. ком. РФ по рыболовству, Мурман. гос. техн. ун-т. - Мурманск : Изд-во МГТУ, 2008 ; 2007. - 122 с.	-	-	370
4.	Аналитическая химия: сборник вопросов, упражнений и задач : учеб. пособие для вузов / В. П. Васильев, Л. А. Кочергина, Т. Д. Орлова; под ред. В. П. Васильева. - 3-е изд., стер. ; 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Дрофа, 2004, 2003. - 320 с.	-	-	194

*Дополнительная литература*

№ п/п	Библиографическое описание (название литературного источника)	Наличие		
		Электронно-библиотечная система (ЭБС)	Библиотека МГТУ (печатное издание)	Количество экземпляров печатного издания
5.	Дорохова, Е. Н. Задачи и вопросы по аналитической химии / Е. Н. Дорохова, Г. В. Прохорова. - Москва : Мир, 2001. - 267 с.	-	-	74

**Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

Учебный год	Наименование ресурса	Договор/ контракт	Срок доступа	Количество доступов
2020/ 2021	ЭБС «Университетская библиотека онлайн»	Договор № 45/19/60 от 18.10.2019 г. на оказание услуг по предоставлению доступа к базовой коллекции электронно-библиотечной системы «Университетская библиотека онлайн». Исполнитель ООО «Современные цифровые технологии».	с 16.11.2019 г. по 15.11.2020 г.	Неограничен
	ЭБС «Университетская библиотека онлайн»	Договор № 19/99 от 20.10.2020 г. на оказание услуг по предоставлению доступа к базовой коллекции электронно-библиотечной системы «Университетская библиотека онлайн». Исполнитель ООО «Современные цифровые технологии».	с 16.11.2020г. по 15.11.2021г.	Неограничен

ЭБС «Лань»	Договор № 19/74 от 29.07.2020 г. на оказание услуг по предоставлению доступа к электронным экземплярам произведений научного, учебного характера базы данных ЭБС «Лань». Исполнитель ООО «ЭБС Лань».	с 29.07.2020 г. по 01.10.2021 г.	Неограничен
ЭБС «Лань»	Договор НВ-201 от 13.04.2020 г. на оказание услуг по предоставлению доступа к электронным экземплярам произведений научного, учебного характера базы данных ЭБС Исполнитель ООО «ЭБС Лань».	с 13.04.2020 по 31.12.2020 г.	Неограничен
Базы данных Пакета EBSCO	Письмо № 2020-01/05 от 20.01.2020 г. о подтверждении наличия и непрерывности доступа к базам данных Пакета EBSCO. Исполнитель ООО «Центр Научной Информации НЭИКОН».	с 31.12.2019 г. до заключения нового договора со сроком действия до 31 декабря 2020 г.	Неограничен
Баз данных и входящих в его состав электронных изданий компании EBSCO	Сублицензионный договор № 19/03 от 14.02.2020 г. на оказание услуг по предоставлению доступа и использованию Баз данных и входящих в его состав электронных изданий компании EBSCO. Исполнитель ООО «Центр Научной Информации НЭИКОН».	с 14.02.2020 г. по 31.12.2020 г.	Неограничен
«ЭБС Консультант студента»	Договор № 19/48 от 17.04.2020 г. на оказание услуг по предоставлению доступа к базе данных «Электронная библиотека технического ВУЗа» («ЭБС Консультант студента»). Исполнитель ООО «Политехресурс».	с 21.04.2020 г. по 20.04.2021 г.	Неограничен
ЭБС «IPRbooks»	Лицензионный договор № 6484/20 от 24.03.2020 г. на оказание услуг по предоставлению доступа к электронно-библиотечной системе «IPRbooks». Исполнитель ООО Компания «Ай Пи Ар Медиа».	с 24.03.2020 г. по 24.03.2021 г.	Неограничен
ЭБС «IPRbooks»	Лицензионный договор № 7866/21К от 28.04.2021 г. на оказание услуг по предоставлению доступа к электронно-библиотечной системе «IPRbooks». Исполнитель ООО Компания	с 28.04.2021 г. по 28.04.2022 г.	Неограничен



		«Ай Пи Ар Медиа».		
	ЭБС ИТК «Троицкий мост»	Договор № 19/42 от 20.03.2020 г. на оказание услуг по предоставлению доступа к изданиям Электронно-библиотечной системы ИТК «Троицкий мост». Исполнитель ООО «Издательско-торговая компания дом «Троицкий мост».	с 20.03.2020г. по 01.04.2021 г.	Неограничен
	Национальная электронная библиотека (НЭБ)	Договор № 101/НЭБ/2370 от 09.08.2017 г. на оказание услуг по предоставлению доступа к Национальной электронной библиотеке (НЭБ). Исполнитель ФГБУ «Российская государственная библиотека»	с 09.08.2017 г. по 08.08.2022 г.	Неограничен

Материалы, находящиеся в свободном доступе на следующих сайтах:

<http://www.wssanalytchem.org/default.aspx>

<http://anchem.ru/>

<http://chemexpress.fatal.ru>

<http://www.xumuk.ru>

<http://www.chemport.ru>

<http://djvu-inf.narod.ru/nclib.htm>

## СОДЕРЖАНИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

### **Тема: Аналитическая химия. Введение**

Предмет аналитической химии, ее структура. Индивидуальность аналитической химии, ее место в системе наук, связь с практикой.

#### **Требования к уровню освоения содержания темы**

#### **Изучив данную тему, студент должен:**

- **знать:**
  - определение аналитической химии
  - классификацию методов аналитической химии
  - основные проблемы аналитической химии
  - востребованность аналитической химии в биологии

#### **Порядок и методические указания по изучению темы:**

#### **При изучении темы необходимо:**

- Изучить материалы учебников (учебных пособий)
- Ответить на вопросы для самоконтроля по теме.

*Вопросы для самоконтроля:*

1. Что такое аналитическая наука?
2. Что изучает аналитическая химия?
3. Что называется химическим анализом?

4. Что называется методом анализа?
5. Что называется методикой анализа?
6. Основная классификация современных методов аналитической химии.
7. Дайте определение инструментальных методов анализа.

### **Тема: Метрология**

Метрология химического анализа. Абсолютные (безэталонные) и относительные методы 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.

#### **Требования к уровню освоения содержания темы**

##### **Изучив данную тему, студент должен:**

- **знать:**
  - смысл погрешностей аналитического анализа
  - методы повышения точности химического анализа
  - основные характеристики систематических и случайных погрешностей
- **уметь:**
  - рассчитывать среднее значение и доверительный интервал измеряемой величины
  - рассчитывать погрешность измерения
  - определять промахи – грубые ошибки при проведении эксперимента

#### **Порядок и методические указания по изучению темы:**

##### **При изучении темы необходимо:**

- Изучить материалы учебников (учебных пособий)
- Ответить на вопросы для самоконтроля по теме.

##### *Вопросы для самоконтроля:*

1. Смысл понятия «точность химического анализа»
2. Что характеризует правильность химического анализа?
3. О чем свидетельствует близость результатов параллельных измерений?
4. Чем отличаются понятия «сходимость» и «воспроизводимость»?
5. Как проверить правильность результатов химического анализа?
6. Как повысить точность метода и методики?
7. Что такое «промах»?
8. Как выявить наличие промаха?
9. Что называется погрешностью химического анализа?
10. Перечислите основные признаки систематических погрешностей
11. Приведите примеры источника систематических погрешностей
12. Имеет ли знак абсолютная и относительная погрешность химического анализа?
13. Что такое «контрольный опыт»?

### **Тема: Гравиметрический метод анализа**

Сущность гравиметрического анализа, преимущества и недостатки метода. Аналитические весы. Погрешности в гравиметрическом анализе. Общая схема определений. Требования к осаждаемой и гравиметрической формам. Примеры практического применения.

#### **Требования к уровню освоения содержания темы**

##### **Изучив данную тему, студент должен:**

- **знать:**
  - сущность гравиметрического метода анализа по методу осаждения
  - определение гравиметрической формы, осаждаемой формы

- количественная характеристика практически полного осаждения вещества
  - условия выпадения осадка
  - произведение растворимости, константа растворимости
  - растворимость
  - влияние на растворимость одноименного иона
- **уметь:**
    - определять содержание веществ в системе методом гравиметрического анализа
    - брать точные навески веществ
    - принцип работы аналитических весов
    - рассчитывать погрешность измерения

**Порядок и методические указания по изучению темы:**

**При изучении темы необходимо:**

- Изучить материалы учебников (учебных пособий)
- Ответить на вопросы для самоконтроля по теме.

*Вопросы для самоконтроля:*

1. Когда осаждение считают практически полным? Как добиться полноты осаждения? Какие потери осадка допустимы в гравиметрическом анализе?
2. Назовите и обоснуйте требования к осаждаемой и гравиметрической форме
3. Как влияет а растворимость избыток осадителя? Всегда ли при осаждении применяют полуторакратный избыток осадителя? Ответ проиллюстрируйте соответствующими формулами, графиками
4. Почему при выпадении осадка следует избегать большого избытка осадителя?
5. От каких факторов зависит рН полного осаждения малорастворимых соединений слабых кислот? Ответ иллюстрируйте соответствующими формулами.
6. Сформулируйте и объясните условия выпадения кристаллических осадков
7. Сформулируйте и объясните условия выпадения легкофильтруемых аморфных чистых осадков
8. Какие процессы происходят во время старения осадка? почему старение кристаллических осадков выгодно для анализа?
9. Охарактеризуйте виды загрязнения осадка

**Тема: Титриметрические методы анализа**

Требования, предъявляемые к реакции в титриметрическом анализе. Виды титриметрических определений: прямое и обратное, косвенное титрование. Способы выражения концентраций растворов в титриметрии. Виды кривых титрования.

**Требования к уровню освоения содержания темы**

**Изучив данную тему, студент должен:**

- **знать:**
  - сущность титриметрического метода анализа
  - требования к реакциям, применяемым в титриметрии
  - понятия «точка эквивалентности», «конечная точка титрования»
  - понятия «стандартный раствор»
  - определения мерной посуды в химическом анализе
  - закон эквивалентов
  - способы выражения состава растворов
- **уметь:**
  - рассчитывать концентрации растворов
  - выполнять анализ методом титрования

- производить расчеты с использованием закона эквивалентов

**Порядок и методические указания по изучению темы:**

**При изучении темы необходимо:**

- Изучить материалы учебников (учебных пособий)
- Ответить на вопросы для самоконтроля по теме.

*Вопросы для самоконтроля:*

1. Какие признаки положены в основу классификации титриметрических методов?
2. Что такое титрование, точка эквивалентности, конечная точка титрования?
3. Изложите сущность прямого, обратного титрования и титрования заместителя
4. Обязательно ли совпадение точки эквивалентности и конечной точки титрования?
5. Что такое титрант, титр по определяемому веществу?
6. Укажите способы выражения концентрации стандартных растворов
7. Дайте определение химического эквивалента и фактора эквивалентности вещества

**Тема: Кисотно-основное титрование**

Требования, предъявляемые к реакции в титриметрическом анализе. Виды титриметрических определений: прямое и обратное, косвенное титрование. Способы выражения концентраций растворов в титриметрии. Виды кривых титрования.

Кисотно-основные индикаторы. Погрешности титрования при определении сильных и слабых кислот и оснований, многоосновных кислот и оснований. Примеры практического применения.

**Требования к уровню освоения содержания темы**

**Изучив данную тему, студент должен:**

- **знать:**
  - сущность титриметрического метода анализа
  - требования к реакциям, применяемым в титриметрии
  - понятия «точка эквивалентности», «конечная точка титрования»
  - понятия «стандартный раствор»
  - определения мерной посуды в химическом анализе
  - закон эквивалентов
  - способы выражения состава растворов
  - сущность метода кислотно-основного титрования
  - кислотно-основные индикаторы, принцип действия
  - стандартные вещества, стандартные растворы
- **уметь:**
  - рассчитывать концентрации растворов
  - выполнять анализ методом титрования
  - производить расчеты с использованием закона эквивалентов
  - проводить химический анализ веществ (растворов) методом кислотно-основного титрования
  - определять точность полученного результата

**Порядок и методические указания по изучению темы:**

**При изучении темы необходимо:**

- Изучить материалы учебников (учебных пособий)
- Ответить на вопросы для самоконтроля по теме.

*Вопросы для самоконтроля:*

1. Какие признаки положены в основу классификации титриметрических методов?
2. Что такое титрование, точка эквивалентности, конечная точка титрования?

3. Изложите сущность прямого, обратного титрования и титрования заместителя
4. Обязательно ли совпадение точки эквивалентности и конечной точки титрования?
5. Что такое титрант, титр по определяемому веществу?
6. Укажите способы выражения концентрации стандартных растворов
7. Дайте определение химического эквивалента и фактора эквивалентности вещества
8. Какова сущность кислотно-основного титрования? Как обнаружить конечную точку титрования в методе кислотно-основного титрования?
9. Дайте определение химического эквивалента, молярной массы эквивалента в кислотно-основном титровании
10. Приведите примеры первичных и вторичных растворов в методе кислотно-основного титрования

### **Тема: Окислительно-восстановительное титрование**

Способы определения конечной точки титрования; индикаторы. Погрешности титрования. Методы окислительно-восстановительного титрования. Перманганатометрия. Иодометрия и иодиметрия.

#### **Требования к уровню освоения содержания темы**

##### **Изучив данную тему, студент должен:**

- **знать:**
  - сущность метода окислительно-восстановительного титрования
  - окислительно-восстановительные индикаторы, принцип действия
  - безиндикаторное титрование
  - стандартные вещества, стандартные растворы
  - закон Нернста
- **уметь:**
  - проводить химический анализ веществ (растворов) методом окислительно-восстановительного титрования
  - определять точность полученного результата

#### **Порядок и методические указания по изучению темы:**

##### **При изучении темы необходимо:**

- Изучить материалы учебников (учебных пособий)
- Ответить на вопросы для самоконтроля по теме.

##### *Вопросы для самоконтроля:*

1. Назовите способы фиксирования конечной точки в окислительно-восстановительном титровании
2. Напишите уравнение Нернста
3. Назовите первичные стандарты в перманганатометрии, укажите их факторы эквивалентности и напишите соответствующие полуреакции
4. Назовите причину неустойчивости раствора перманганата калия и напишите уравнение соответствующей реакции
5. Объясните принцип метода йодометрического титрования

### **Тема: Комплексометрическое титрование**

Использование аминополикарбоновых кислот в комплексометрии. Металлохромные индикаторы и требования, предъявляемые к ним. Погрешности титрования. Примеры практического применения.

#### **Требования к уровню освоения содержания темы**

##### **Изучив данную тему, студент должен:**

- **знать:**
  - сущность метода комплексометрического титрования
  - металлохромные индикаторы, принцип действия
  - основные типы комплексонов
  - стандартные вещества, стандартные растворы
  - влияние рН на протекание реакций комплексообразования ионов металлов в комплексе III
- **уметь:**
  - проводить химический анализ веществ (растворов) методом комплексометрического титрования
  - определять точность полученного результата

**Порядок и методические указания по изучению темы:**

**При изучении темы необходимо:**

- Изучить материалы учебников (учебных пособий)
- Ответить на вопросы для самоконтроля по теме.

*Вопросы для самоконтроля:*

1. Каким критериям должны отвечать титранты в комплексометрии?
2. В чем сущность метода комплексометрии?
3. Объясните принцип действия и выбора металлоиндикатора в комплексометрическом титровании
4. Какие процессы и почему следует учитывать при выборе рН в комплексометрическом титровании?
5. Как зависят результаты комплексометрического титрования от состава и рН буферного раствора?

**Тема: Осадительное титрование**

Способы обнаружения конечной точки титрования; индикаторы. Аргентометрия. Погрешности титрования. Примеры практического применения.

**Требования к уровню освоения содержания темы**

**Изучив данную тему, студент должен:**

- **знать:**
  - сущность метода осадительного титрования
  - индикаторы в осадительном титровании, принцип действия
  - виды осадительного титрования
  - стандартные вещества, стандартные растворы
  - влияние рН на протекание реакций осаждения.
  - Понятие произведения растворимости, константы растворимости
  - Понятие растворимости
- **уметь:**
  - проводить химический анализ веществ (растворов) методом осадительного титрования
  - рассчитывать растворимость труднорастворимых соединений
  - определять условия выпадения осадка
  - определять точность полученного результата

**Порядок и методические указания по изучению темы:**

**При изучении темы необходимо:**

- Изучить материалы учебников (учебных пособий)
- Ответить на вопросы для самоконтроля по теме.

*Вопросы для самоконтроля:*

1. Какие требования предъявляют к реакциям осаждения в осадительном титровании?
2. Приведите примеры методов определения, основанных на реакциях осаждения
3. Назовите наиболее широко применяющиеся методы осадительного титрования
4. Укажите последовательность выпадения осадков при аргентометрическом титровании смеси ионов  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}^-$  в эквимольных концентрациях.
5. Перечислите способы обнаружения конечной точки титрования по методу осаждения
6. Какие типы индикаторов применяются при титровании по методу осаждения
7. В чем сущность осадительного титрования по методу Мора? Для определения каких ионов он применяется?
8. Охарактеризуйте метод Фольгарда. Какие ионы могут быть определены с использованием этого метода?
9. С использованием какого индикатора фиксируют конечную точку титрования в методе Фаянса? Отметьте особенности и области применения этого метода.

**Тема: Абсорбционная спектроскопия**

Закон Бугера-Ламберта-Бера. Молярный показатель поглощения. Оптическая плотность. Фотометрический метод анализа. Прямая фотометрия. Методы определения одного компонента: метод стандартных растворов, метод калибровочного графика, метод добавок. Фотометрическое титрование. Практическое применение.

**Требования к уровню освоения содержания темы**

**Изучив данную тему, студент должен:**

- **знать:**
  - сущность метода аналитической абсорбционной спектроскопии
  - понятие о спектрах поглощения
  - закон Бугера-Ламберта-Бера
  - понятие молярного показателя поглощения и оптической плотности
  - метод калибровочного графика, метод добавок
- **уметь:**
  - проводить химический анализ веществ (растворов) фотометрическим методом
  - проводить анализ веществ методом прямой фотометрии и методом фотометрического титрования
  - принцип действия спектрофотометра и спектрометра
  - снимать спектры поглощения
  - определять компоненты: методом стандартных растворов, методом калибровочного графика, методом добавок
  - определять точность полученного результата

**Порядок и методические указания по изучению темы:**

**При изучении темы необходимо:**

- Изучить материалы учебников (учебных пособий)
- Ответить на вопросы для самоконтроля по теме.

*Вопросы для самоконтроля:*

- сущность метода аналитической абсорбционной спектроскопии
  - понятие о спектрах поглощения
  - закон Бугера-Ламберта-Бера
  - понятие молярного показателя поглощения и оптической плотности
1. метод калибровочного графика, метод добавок
  2. Сущность метода аналитической абсорбционной спектроскопии
  3. Что называется спектром поглощения?

4. Напишите закон Бугера-Ламберта-Бера
5. Что называется молярным показателем поглощения
6. Что называется оптической плотностью?
7. В чем сущность метода стандартных растворов, метода калибровочного графика, метода добавок
8. Что служит критерием соблюдения основного закона светопоглощения? Какие причины вызывают отклонения от этого закона
9. Расскажите действия спектрофотометра и спектрометра

#### **Тема: Рефрактометрический метод анализа**

Способы рефрактометрического определения концентрации растворов: по табличным данным, методом калибровочного графика, методом расчета рефрактометрического фактора.

#### **Требования к уровню освоения содержания темы**

##### **Изучив данную тему, студент должен:**

- **знать:**
  - сущность рефрактометрического метода анализа
  - понятие о коэффициенте преломления
  - закон отражения, закон преломления
  - принцип работы рефрактометра
  - метод калибровочного графика, метод стандартных растворов
- **уметь:**
  - проводить химический анализ веществ (растворов) рефрактометрическим методом
  - определять показатель преломления
  - определять концентрацию компонентов: методом стандартных растворов, методом калибровочного графика
  - определять точность полученного результата

#### **Порядок и методические указания по изучению темы:**

##### **При изучении темы необходимо:**

- Изучить материалы учебников (учебных пособий)
- Ответить на вопросы для самоконтроля по теме.

##### *Вопросы для самоконтроля:*

1. Сущность рефрактометрического метода анализа
2. Что называется коэффициентом преломления?
3. Что такое оптически плотная среда
4. Дать понятие угла преломления, угла отражения
5. В чем сущность метода стандартных растворов, метода калибровочного графика?
6. Расскажите действия рефрактометра

#### **Тема: Потенциометрический метод анализа**

Электроды, применяемые в потенциометрии.

Прямая потенциометрия. Метод калибровочного графика. Потенциометрическое титрование. Определение конечной точки титрования. Формы кривых потенциометрического титрования. Практическое применение потенциометрии.

#### **Требования к уровню освоения содержания темы**

##### **Изучив данную тему, студент должен:**

- **знать:**
  - сущность потенциометрического метода анализа



- понятие об электрохимическом потенциале
- закон Нернста
- понятие о равновесном потенциале
- понятие об электрохимической ячейке
- гальванический элемент
- электроды сравнения, индикаторные электроды
- **уметь:**
  - проводить химический анализ веществ (растворов) методом прямой потенциометрии
  - проводить химический анализ веществ (растворов) методом потенциометрического титрования
  - использовать индикаторные электроды для потенциометрических определений
  - определять точность полученного результата

**Порядок и методические указания по изучению темы:**

**При изучении темы необходимо:**

- Изучить материалы учебников (учебных пособий)
- Ответить на вопросы для самоконтроля по теме.

*Вопросы для самоконтроля:*

1. Сущность потенциометрического метода анализа
2. Напишите уравнение Нернста
3. Укажите знаки электродов в гальваническом элементе и напишите выражение для расчета ЭДС гальванического элемента
4. Что такое равновесный потенциал?
5. Для каких окислительно-восстановительных систем применяется уравнение Нернста?
6. Что такое концентрационный элемент? Как вычисляют ЭДС такого элемента
7. Какие индикаторные электроды используют в прямой потенциометрии?
8. Опишите принцип действия хлорсеребряного и насыщенного каломельного электрода сравнения
9. Какими способами можно найти точку эквивалентности в потенциометрическом титровании?
10. В каких случаях целесообразно использовать метод Грана?

**Тема: Кондуктометрический метод анализа**

Классификация методов кондуктометрического титрования. Кондуктометрическое титрование. Кривые титрования. Практическое применение

**Требования к уровню освоения содержания темы**

**Изучив данную тему, студент должен:**

- **знать:**
  - сущность кондуктометрического метода анализа
  - определение электрической проводимости растворов электролитов
  - определение удельной электропроводности
  - определение эквивалентной электропроводности
  - принцип метода прямой кондуктометрии
  - принцип кондуктометрического титрования
  - достоинства и недостатки кондуктометрического метода анализа
- **уметь:**
  - проводить химический анализ веществ (растворов) методом прямой кондуктометрии

- проводить химический анализ веществ (растворов) методом кондуктометрического титрования
- строить кривые титрования
- определять точность полученного результата

**Порядок и методические указания по изучению темы:**

**При изучении темы необходимо:**

- Изучить материалы учебников (учебных пособий)
- Ответить на вопросы для самоконтроля по теме.

*Вопросы для самоконтроля:*

1. Сущность кондуктометрического метода анализа
2. Дать определение электрической проводимости растворов электролитов
3. Дать определение удельной электропроводности
4. Дать определение эквивалентной электропроводности
5. Перечислите достоинства метода
6. Перечислите недостатки кондуктометрического метода анализа
7. Какими способами можно найти точку эквивалентности в потенциометрическом титровании?

**Тема: Комбинированные методы разделения и анализа**

Хроматография. Ионнообменная хроматография. Сущность метода. Практическое применение

**Требования к уровню освоения содержания темы**

**Изучив данную тему, студент должен:**

- **знать:**
  - сущность метода ионообменной хроматографии
  - катионит
  - ионит
  - количественные характеристики хроматографического разделения веществ
- **уметь:**
  - проводить разделение и количественное определение веществ методом ионообменной хроматографии
  - работать с ионообменными хроматографическими колонками

**Порядок и методические указания по изучению темы:**

**При изучении темы необходимо:**

- Изучить материалы учебников (учебных пособий)
- Ответить на вопросы для самоконтроля по теме.

*Вопросы для самоконтроля:*

1. Дать определения коэффициента распределения компонента А
2. Дать определение времени удерживания
3. Написать ионообменные реакции с катионитом, с ионитом

**Контрольные работы**

Задания для контрольной работы могут представлять собой набор номеров задач из книг

[4, 5] или тексты задач в виде отдельных вариантов ( типовые варианты контрольной работы приведены ниже). При решении задач рекомендуется использовать [4, 5].

Контрольная работа, выполняемая обучающимися, должна быть представлена в рукописном виде на отдельных листах бумаги или в тонких тетрадях.

### Типовые варианты контрольных работ

#### Контрольная работа 1

##### Вариант 1

1. Приведите классификацию методов титриметрии по типу химической реакции и по способу титрования.
2. На титрование раствора, содержащего 4,2518 г технического КОН, израсходовали 29,32 мл раствора HCl ( $T_{\text{HCl/NaOH}} = 0.07929$ ). Вычислите массовую долю КОН (%) в образце.
3. Какими способами подбирают индикаторы при кислотно-основном титровании?
4. Навеску пергидроля массой 2,5000 г перенесли в мерную колбу вместимостью 500,0 мл. На титрование 25,00 мл этого раствора израсходовали 18,72 мл 0,1 Н раствора  $\text{KMnO}_4$  ( $f_3 = 1/5$ ). Вычислить массовую долю (%)  $\text{H}_2\text{O}_2$  в пергидроле.
5. В 500,0 мл раствора содержится 2,658 г  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Рассчитайте  $T(\text{Na}_2\text{CO}_3/\text{HCl})$ ,  $T(\text{Na}_2\text{CO}_3)$  и молярную концентрацию эквивалентов при нейтрализации полученного раствора до  $\text{NaHCO}_3$ .
6. Что называется эквивалентом вещества?
7. Вычислить: а)  $C_{\text{H}}(\text{H}_2\text{SO}_4)$ , если  $T(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,02446$ ; б)  $C_{\text{H}}(\text{NaOH})$ , если  $T(\text{NaOH}) = 0,004020$ .
8. К 550 мл 0,1925 М HCl прибавили 50,00 мл раствора HCl с титром 0,02370. Вычислить молярную концентрацию и титр полученного раствора.
9. На титрование 20,00 мл раствора NaCl [ $T(\text{NaCl/Ag}) = 0,005580$ ] израсходовали 25,00 мл раствора  $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$ . Определить молярную концентрацию эквивалента  $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$ , титр раствора  $T[\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2]$  и титр  $T[(\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2/\text{Cu})]$ .
10. Определить молярную концентрацию, титр  $T(\text{ЭДТА})$  и титр по определяемому веществу  $T(\text{ЭДТА/CaO})$  рабочего раствора ЭДТА (комплексона III)? Если на титрование навески металлического цинка массой 0,02524 г затратили 22,56 мл этого раствора.

##### Вариант № 2

1. Дайте определение первичного и вторичного стандарта. Перечислите требования, предъявляемые к первичным стандартам.
2. Навеску щелочи массой 0,5341 г, содержащей 92,00 % NaOH растворили в мерной колбе вместимостью 100 мл. Определите молярную концентрацию HCl,  $T(\text{HCl})$  и  $T(\text{HCl/NaOH})$ , если на титрование 15 мл раствора NaOH израсходовали 19,50 мл кислоты.
3. Изложите сущность перманганатометрического метода анализа (титранты, вспомогательные растворы, первичные стандарты, применение).

- После растворения навески оксида железа массой 0,1000 г и восстановления железа до  $\text{Fe}^{+3}$  на титрование израсходовали 12,61 мл 0,09931 Н раствора  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  ( $f_3=1/6$ ). Определите, какую форму имел анализируемый оксид:  $\text{FeO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  или  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ?
- В 500,0 мл раствора содержится 2,280 г  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Рассчитайте  $T(\text{Na}_2\text{CO}_3/\text{HCl})$ ,  $T(\text{Na}_2\text{CO}_3)$  и молярную концентрацию эквивалентов при нейтрализации полученного раствора до  $\text{CO}_2$ .
- Что такое точка эквивалентности? Чем она характеризуется?
- Вычислить: а)  $C_{\text{H}}(\text{HCl})$ , если  $T(\text{HCl}/\text{KOH}) = 0,01353$ ; б)  $C_{\text{H}}(\text{NaOH})$ , если  $T(\text{NaOH}/\text{CaO}) = 0,002914$ .
- Сущность метода осадительного титрования: основные реакции, рабочие растворы. Какая масса  $\text{BaCl}_2$  содержится в 200,0 мл раствора, если на титрование 20,00 мл его израсходовали 15,55 мл 0,04000 М  $\text{AgNO}_3$ ?
- Какое вещество –  $\text{NaBr}$  или  $\text{KBr}$  – было взято для анализа, если на титрование 0,02332 г его по методу Мора было израсходовано 18,77 мл 0,1044 М раствора  $\text{AgNO}_3$ ?
- Определить молярную концентрацию и титр раствора  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ , если на титрование 20,00 мл его потребовалось 15,24 мл 0,09940 М ЭДТА.

## Контрольная работа 2

### Вариант 1

- Сформулируйте основной закон светопоглощения Бугера – Ламберта – Бера, приведите уравнения, поясните смысл входящих в них величин.
- Из навески стали массой 0,2542 г после соответствующей обработки получили 100,0 мл раствора, содержащего диметилглиоксимат никеля. Оптическая плотность этого раствора относительно раствора сравнения, содержащего 6,00 мг  $\text{Ni}$  в 100 мл, равна 0,440. Для построения градуировочного графика взяли три стандартных раствора с содержанием 4,00; 8,00; 10,0 мг никеля в 100,0 мл и получили при тех же условиях относительные оптические плотности соответственно: —0,240; 0,240; 0,460.  
Вычислить массовую долю (%) никеля в стали.
- Для приготовления стандартного раствора циркония навеску  $\text{ZrOCl}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  массой 0,3533 г растворили в 100,0 мл хлороводородной кислоты. В мерные колбы вместимостью 50,0 мл поместили 1,00; 1,20; 1,50; 1,70; 2,00 мл стандартного раствора, прибавили галлоцианин МС (циркониин) и довели до метки водой. Измерили оптические плотности относительно первого раствора. Получили величины  $A_{\text{отн}}$  для второго, третьего, четвертого и пятого растворов соответственно: 0,100; 0,235; 0,330; 0,470  
Навеску циркониевого сплава массой  $m$  (г) растворили в 100 мл смеси кислот. В мерную колбу вместимостью 50,0 мл отобрали аликвоту 2,00 мл, добавили циркониин и довели до метки. Измерили относительную оптическую плотность  $A_{\text{отн. х}}$ , как при построении градуировочного графика.  
Вычислить массовую долю (%) циркония в сплаве, если  $A_{\text{отн. х}} = 0,320$ .
- Пользуясь данными, приведенными в таблице, вычислите  $x$ :

Оптическая плотность $A$	Молярный коэффициент светопоглощения $\epsilon$	Толщина слоя, см	Концентрация, моль/л
$x$	7000	1	$2,5 \cdot 10^{-5}$

5. В стандартных растворах  $\text{CdSO}_4$  с различной активностью  $\text{Cd}^{2+}$  были измерены электродные потенциалы кадмийселективного электрода относительно хлорсеребряного электрода и получены следующие данные:

$a_{\text{Cd}}$ , моль/л.....	$1,0 \cdot 10^{-1}$	$1,0 \cdot 10^{-2}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$	$1,0 \cdot 10^{-4}$	$1,0 \cdot 10^{-5}$
$-E$ , мВ.....	75,0	100	122	146	170

По этим данным построили градуировочный график в координатах  $E - p_{\text{Cd}}$ .

Исследуемый раствор соли кадмия объемом 10,00 мл разбавили водой до 50,00 мл в мерной колбе и измерили электродный потенциал кадмийселективного электрода в полученном растворе ( $E_x$ ): 94 мВ.

Определить активность (моль/л) исследуемого раствора соли кадмия.

6. Анализируемый раствор  $\text{HCl}$  разбавили в мерной колбе до 100,0 мл и аликвоту объемом 20,00 мл оттитровали потенциометрически 0,1000 М раствором  $\text{NaOH}$ .

Построить кривые титрования в координатах  $\text{pH} - V$  и  $\Delta\text{pH}/V - V$  и определить массу (мг)  $\text{HCl}$  в растворе по следующим данным:

$V(\text{NaOH})$ , мл...	1,50	1,80	1,90	1,95	1,98	2,00	2,02	2,05	2,10
$\text{pH}$ .....	2,64	3,05	3,36	3,64	4,05	6,98	9,95	10,53	10,65

## Вариант 2

1. Каков физический смысл молярного коэффициента поглощения, какие факторы на него влияют?

2. Из навески стали массой 0,2542 г после соответствующей обработки получили 100,0 мл раствора, содержащего диметилглиоксимат никеля. Оптическая плотность этого раствора относительно раствора сравнения, содержащего 6,00 мг  $\text{Ni}$  в 100 мл, равна 0,440. Для построения градуировочного графика взяли три стандартных раствора с содержанием 4,00; 8,00; 10,0 мг никеля в 100,0 мл и получили при тех же условиях относительные оптические плотности соответственно: —0,240; 0,240; 0,460.

Вычислить массовую долю (%) никеля в стали.

3. Для построения градуировочного графика в координатах  $A_{\text{отн}} - c(\text{Mn})$  в мерные колбы вместимостью 250,0 мл поместили 11,00; 12,00; 13,00; 14,00; 15,00 мл стандартного раствора, содержащего 1,25 мг/мл  $\text{Mn}$ , и окислили марганец до перманганата. Оптическую плотность измерили относительно раствора, содержащего 12,5 мг  $\text{Mn}$  в 250,0 мл, и получили:

$V_{\text{ст}}$ , мл.....	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00
$A_{\text{отн}}$ .....	0.200	0.400	0.600	0.800	1.01

Навеску руды массой 0,5000 г растворили и раствор разбавили до 1000,0 мл. Марганец, содержащийся в 50,0 мл фильтрата, окислили до перманганата и раствор разбавили водой до 250 мл. Измерили относительную оптическую плотность, как при построении градуировочного графика.

Вычислить массовую долю (%) марганца в образцах руды, если для них получены величины  $A_{\text{отн} \cdot x} = 0,45$

4. Пользуясь данными, приведенными в таблице, вычислите  $x$ :

Оптическая плотность $A$	Молярный коэффициент светопоглощения $\epsilon$	Толщина слоя, см	Концентрация, моль/л
0,310	$x$	2	$4,5 \cdot 10^{-4}$

5. В стандартных растворах  $\text{CdSO}_4$  с различной активностью  $\text{Cd}^{2+}$  были измерены электродные потенциалы кадмийселективного электрода относительно хлорсеребряного электрода и получены следующие данные:

$a_{\text{Cd}}$ , моль/л.....	$1,0 \cdot 10^{-1}$	$1,0 \cdot 10^{-2}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$	$1,0 \cdot 10^{-4}$	$1,0 \cdot 10^{-5}$
-E, мВ.....	75,0	100	122	146	170

По этим данным построили градуировочный график в координатах  $E - \text{p}a_{\text{Cd}}$ .

Исследуемый раствор соли кадмия объемом 10,00 мл разбавили водой до 50,00 мл в мерной колбе и измерили электродный потенциал кадмийселективного электрода в полученном растворе ( $E_x$ ): 80 мВ.

Определить активность (моль/л) исследуемого раствора соли кадмия.

6. Анализируемый раствор  $\text{HCl}$  разбавили в мерной колбе до 50,0 мл и аликвоту объемом 10,00 мл оттитровали потенциометрически 0,1000 М раствором  $\text{NaOH}$ .

Построить кривые титрования в координатах  $\text{pH} - V$  и  $\Delta\text{pH}/V - V$  и определить массу (мг)  $\text{HCl}$  в растворе по следующим данным:

V ( $\text{NaOH}$ ), мл...	1,50	1,80	1,90	1,95	1,98	2,00	2,02	2,05	2,10
pH .....	2,64	3,05	3,36	3,64	4,05	6,98	9,95	10,53	10,65

**Технологическая карта дисциплины**  
**Дисциплина: «Аналитическая химия»**

Форма обучения заочная

№	Контрольные точки	Зачетное количество баллов		График прохождения (неделя сдачи)
		min	max	
<b>Текущий контроль</b>				
1	<b>Выполнение лабораторных работ (3 лаб.)</b>	24	30	По расписанию
	Выполнение одной л/р – 10 баллов, не в срок – 8 баллов (выполнение фиксируется преподавателем)			
2	<b>Защита лабораторных работ</b>	15	27	По расписанию
	Защита одной л/р – от 5 до 9 баллов. Отличная защита – 9 баллов, хорошая – 7 баллов, удовлетворительно – 5 баллов			
3	<b>Контрольные работы (2)</b>	21	43	В течение семестра
	Одна к/р – от 10,5 до 21,5 баллов. Отлично – 21,5 балла, хорошо – 15 баллов, удовлетворительно – 10,5 баллов			
ИТОГО за работу в семестре		<b>60</b>	<b>100</b>	18-ая неделя
<b>Промежуточная аттестация «зачет»</b>				
<b>ИТОГОВЫЕ БАЛЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b>		<b>60</b>	<b>100</b>	Зачетная неделя
<b>1. Если обучающийся набрал зачетное количество баллов согласно установленному диапазону по дисциплине с зачетом, то он считается аттестованным.</b>				
ИТОГО за дисциплину		<b>60</b>	<b>100</b>	