

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 16.11.2023 13:20:11  
Уникальный программный ключ:  
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт  
(технический университет)»

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной  
и методической работе  
\_\_\_\_\_ Б.В.Пекаревский  
« 19 » апреля 2021 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**  
**И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА**

Направление подготовки

**20.03.01 Техносферная безопасность**

Направленность программы бакалавриата

**Инженерная защита окружающей среды**

Квалификация

**Бакалавр**

Форма обучения

**Заочная**

Факультет **химии веществ и материалов**

Кафедра **аналитической химии**

Санкт-Петербург

2021

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность разработчика	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Доцент		доцент Зарембо Д.В.

Рабочая программа дисциплины «Аналитическая химия и физико-химические методы анализа» обсуждена на заседании кафедры аналитической химии  
протокол от «09» апреля 2021 № 4  
Заведующий кафедрой

В.И.Зарембо

Одобрено учебно-методической комиссией факультета химии веществ и материалов  
протокол от «15» апреля 2021 № 7

Председатель

С.Г.Изотова

## СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Техносферная безопасность»		Т.В.Украинцева
Директор библиотеки		Т.Н.Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		Т.И.Богданова
Начальник учебно-методического управления		С.Н.Денисенко

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы .....	04
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы .....	05
3. Объем дисциплины .....	06
4. Содержание дисциплины	
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий .....	06
4.2. Формирование индикаторов достижения компетенций разделами дисциплины .....	06
4.3. Занятия лекционного типа .....	06
4.4. Занятия семинарского типа .....	08
4.4.1. Лабораторные занятия .....	08
4.5. Самостоятельная работа обучающихся .....	09
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	10
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации .....	10
7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины .....	10
8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины .....	11
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины .....	11
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине .....	12
10.1. Информационные технологии .....	12
10.2. Программное обеспечение .....	12
10.3. Базы данных и информационные справочные системы .....	12
11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы .....	12
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья .....	12
Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации .....	13

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.**

Для освоения образовательной программы бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
<b>ПК-3</b> Организация взаимодействия природопользователей, направленного на выполнения планов природоохранных мероприятий в области обращения с отходами и предписаний контролирующих органов, включая рекультивацию существующих полигонов захоронения отходов и земель после ликвидации несанкционированных свалок на закрепленной территории.	<b>ПК-3.1</b> Способен проводить качественный и количественный анализ химических веществ.	<b>Знать:</b> - основные методики и средства контроля, области их применения (З.3.1.1). <b>Уметь:</b> - проводить измерения и обрабатывать результаты измерений (У.3.1.1). <b>Владеть:</b> - методиками проведения контроля и предоставления результатов контроля химического фактора (В.3.1.1).

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений (Б1.В.05) и изучается на 2 курсе.

В методическом плане дисциплина опирается на дисциплины «Общая и неорганическая химия», «Органическая химия». Полученные в процессе изучения дисциплины «Аналитическая химия и физико-химические методы анализа» знания, умения и навыки могут быть использованы при прохождении преддипломной практики, а также при выполнении выпускной квалификационной работы.

## 3. Объем дисциплины.

Вид учебной работы	Всего, ЗЕ/академ. часов
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b> (зачетных единиц/ академических часов)	<b>3/108</b>
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>12</b>
занятия лекционного типа	4
занятия семинарского типа, в т.ч.	6
семинары, практические занятия	-
лабораторные работы (в том числе на практическую подготовку)	6
курсовое проектирование (КР или КП)	-
КСР	2
другие виды контактной работы	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>92</b>
<b>Форма текущего контроля</b>	<b>2 Кр</b>
<b>Форма промежуточной аттестации</b>	<b>зачет</b>

#### 4. Содержание дисциплины.

##### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, академ. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, академ. часы	Формируемые компетенции
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы		
1.	Введение в аналитическую химию.	1			4	ПК-3
2.	Гравиметрический анализ.	2			28	ПК-3
3.	Титриметрический анализ.	1		6	60	ПК-3

##### 4.2 Формирование индикаторов достижения компетенций разделами дисциплины

№ п/п	Код индикаторов достижения компетенции	Наименование раздела дисциплины
1.	ПК-3.1	Введение в аналитическую химию.
2.	ПК-3.1	Гравиметрический анализ.
3.	ПК-3.1	Титриметрический анализ.

##### 4.3. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, академ. часы	Инновационная форма
1	<u>Введение.</u> Предмет, цели, области применения, классификация видов и методов современной аналитической химии. Классификация по видам анализа: качественный и количественный; по природе обнаруживаемых или определяемых компонентов; по природе анализируемых объектов; по массе аналитической навески и диапазону определяемых содержаний. Метрологические основы аналитической химии.	1	ПЛ

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Иновационная форма
	<u>Гравиметрический анализ.</u> Сущность и основные этапы метода. Осаждаемая и гравиметрическая формы соединений, требования, предъявляемые к ним. Принцип вычисления результатов анализа. Применение гравиметрии.	1	ЛВ
	<u>Равновесие растворимости малорастворимых соединений.</u> Растворимость осадков. Термодинамическая, концентрационная, условная константы растворимости. Образование и свойства осадков.	1	ЛВ
	<u>Титриметрический анализ.</u> Сущность и краткая характеристика метода. Основные понятия. Классификация титриметрических методов анализа по типу химических реакций и по технике титрования. Требования к реакциям, используемым в титриметрическом анализе. Индикаторы.	1	ЛВ

#### 4.4. Занятия семинарского типа.

##### 4.4.1. Лабораторные занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Примечание
3	<u>Комплексонометрия.</u> Градуировка бюретки весовым методом. Комплексонометрическое определение магния.	6	

#### 4.5. Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Метрологические основы аналитической химии.	4	зачет
2	Образование осадков и их свойства. Загрязнение осадков примесями. Принципиальные основы гравиметрического определения бария, железа, алюминия, магния, кальция, никеля, кремния, серы.	18	зачет
2	Равновесие растворимости малорастворимых соединений. Влияние температуры и природы растворителя на растворимость.	10	Кр
3	Общие подходы к выбору титриметрического метода анализа. Расчет результатов прямого, обратного титрования.	10	Кр
3	Расчет кривой титрования сильного основания сильной кислотой. Расчет кривой титрования слабого основания сильной кислотой.	10	Кр
3	Метод осадительного титрования. Аргентометрическое титрование. Сущность метода, способы индикации конечной точки титрования (Мора, Фольгарда, Фаянса).	15	Кр
3	Основные способы повышения селективности комплексометрических определений. Возможность последовательного титрования нескольких катионов. Методы комплексометрического титрования.	10	зачет
3	Характеристика методов и расчеты результатов окислительно-восстановительного титрования (перманганатометрия, йодометрия, хроматометрия, броматометрия).	15	Кр

##### 4.5.1 Темы контрольных работ

Кр №1 – Гравиметрический и титриметрический анализ

Кр №2 – Расчеты в гравиметрическом и титриметрическом анализе

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

Методические указания для обучающихся по организации самостоятельной работы по дисциплине, включая перечень тем самостоятельной работы, формы текущего контроля по дисциплине и требования к их выполнению размещены в электронной информационно-образовательной среде СПбГТИ(ТУ) на сайте: <http://media.technolog.edu.ru>

## 6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Студенты выполняют две контрольные работы.

Пример контрольной работы №1:

1. Определение магния в присутствии кальция. Почему перед осаждением магния после отделения кальция необходимо удалить соли аммония? Выведите формулу для вычисления массовой доли карбоната магния в минерале по результатам анализа.
2. Вычислите молярную концентрацию  $(NH_4)_2C_2O_4$ , отвечающую началу образования осадка  $CaC_2O_4$  из  $3 \cdot 10^{-4} M$  раствора хлорида кальция.
3. Приготовление и стандартизация раствора гидроксида натрия. Выведите формулу для расчета молярной концентрации  $NaOH$  и титра  $NaOH$  по серной кислоте ( $T(NaOH / H_2SO_4)$ ).
4. Какой объем воды следует добавить к 200,0 мл 0,1000н. ( $f_{эkv.} = \frac{1}{6}$ ) раствора дихромата калия ( $K_2Cr_2O_7$ ) для получения раствора с титром по железу ( $T(K_2Cr_2O_7 / Fe)$ ), равным 0,005000 г/мл?

Пример контрольной работы №2:

1. Обоснуйте условия осаждения  $SO_4^{2-}$  раствором  $BaCl_2$ . Почему это осаждение ведут в присутствии  $HCl$  и из горячего раствора? Выведите формулу для вычисления массы  $SO_4^{2-}$  по результатам анализа.
2. Вычислите растворимость  $AgCl$  в 0,01M растворе  $MgCl_2$ .
3. В чем состоит сущность титриметрического анализа? Что такое точка эквивалентности и конечная точка титрования? Как рассчитывают результат титриметрического анализа?
4. Рассчитайте массу навески соли  $AgNO_3$ , необходимую для приготовления 800 мл 0,0500M раствора нитрата серебра.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета.

К сдаче зачета допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля.

Зачет предусматривают выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций.

При сдаче зачета, студент получает три вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу - до 30 мин.

Пример варианта вопросов на зачете:

### Вариант № 1

1. Способы отдельных навесок и пипетирования.
2. Фильтрование осадков. Виды фильтров.
3. Дихроматометрия. Определение  $Fe(II)$ .

## **7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины.**

### **а) печатные издания:**

1. Аналитическая химия : учебник для вузов в 3 т. / под ред. Л. Н. Москвина. – Москва : Издательский центр «Академия», 2008 - 2010. - ISBN 978-5-7695-3955-8.
2. Основы аналитической химии : учебник для вузов в 2 т. Т. 1. Т. А. Большова, Г. Д. Брыкина, А. В. Гармаш [и др.] / под ред. Ю. А. Золотова. - 5-е изд. – Москва : Академия, 2012. – 384 с. - ISBN 978-5-7695-9124-2.
3. Лурье, Ю. Ю. Справочник по аналитической химии / Ю. Ю. Лурье. – 7-е изд., перепеч. с изд. 1989 г. – Москва : Альянс, 2007. – 447 с. - ISBN 978-5-903034-26-0.
4. Булатов, М. И. Аналитическая химия. Физико-химические методы анализа: учебное пособие / М. И. Булатов, Т. Э. Маметнабиев, С. В. Харитонов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра аналитической химии. – Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2010. – 207 с.
5. Аладжалова, Л. М. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа. Раздел "Химические методы анализа" : учебное пособие / Л. М. Аладжалова, Д. В. Зарембо ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра аналитической химии. – Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2018. – 92 с.
6. Гравиметрический анализ. Примеры решения задач: учебное пособие / Л. М. Аладжалова, В. И. Зарембо, Д. В. Зарембо, А. А. Колесников ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра аналитической химии. – Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2013. – 85с.

### **б) электронные издания**

1. Аладжалова, Л.М. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа. Раздел "Химические методы анализа": учебное пособие / Л. М. Аладжалова, Д. В. Зарембо; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра аналитической химии. - Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2018. – 92 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения 10.06.2020). - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

2. Гравиметрический анализ. Примеры решения задач: учебное пособие / Л. М. Аладжалова, В. И. Зарембо, Д. В. Зарембо, А. А. Колесников ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра аналитической химии. - Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2013. – 85 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> дата обращения (10.06.2020). - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

## **8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.**

учебный план, РПД и учебно-методические материалы:  
<http://media.technolog.edu.ru>

электронно-библиотечные системы:

С компьютеров института открыт доступ к:  
«Электронный читальный зал – БиблиоТех» <https://technolog.bibliotech.ru>  
Электронно-библиотечная система «Лань» <https://e.lanbook.com>

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.**

Все виды занятий по дисциплине «Аналитическая химия и физико-химические методы анализа» проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

СТП СПбГТИ 040-02. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования;

СТО СПбГТИ 020-2011. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лабораторные занятия. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 048-2009. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению.

СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКДВ. Порядок проведения зачетов и экзаменов.

Планирование времени, необходимого на изучение данной дисциплины, лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала.

Основными условиями правильной организации учебного процесса для студентов является:

- плановость в организации учебной работы;
- серьезное отношение к изучению материала;
- постоянный самоконтроль.

На занятия студент должен приходиться, имея знания по уже изученному материалу.

## **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.**

### **10.1. Информационные технологии.**

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

- чтение лекций с использованием слайд-презентаций;
- видеоматериалы;
- взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС.

### **10.2. Программное обеспечение.**

Для проведения занятий имеются персональные компьютеры с программным обеспечением:

- Windows,
- OpenOffice.

### **10.3. Базы данных и информационные справочные системы.**

Справочно-поисковая система «Консультант-Плюс»

## **11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы.**

Для чтения лекций в виде презентаций, демонстрации видео материалов используется мультимедийная техника.

Для проведения лабораторных работ используется следующее оборудование:

1. Лабораторная мебель (столы химические, шкафы вытяжные, мойки)
2. Технические весы ВЛКТ-2
3. Весы электронные аналитические AND WA-21

4. Весы аналитические ВЛР-200
5. Муфельные печи
6. Сушильные шкафы
7. Бюретки для титрования
8. Дистиллятор
9. Бидистиллятор
10. Газовые горелки
11. Химическая посуда: стаканы термостойкие химические, стеклянные воронки, стеклянные палочки, мерные колбы, пипетки Мора
12. Алундовые тигли
13. Эксикаторы

## **12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.**

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями учебные процесс осуществляется в соответствии с Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья СПбГТИ(ТУ), утвержденным ректором 28.08.2014.

**Фонд оценочных средств  
для проведения промежуточной аттестации по  
дисциплине «Аналитическая химия и физико-химические методы анализа»**

**1. Перечень компетенций и этапов их формирования.**

Индекс компетенции	Содержание	Этап формирования
ПК-3	<b>Организация</b> взаимодействия природопользователей, направленного на <b>выполнения планов природоохранных мероприятий в области обращения с отходами</b> и предписаний контролирующих органов, включая рекультивацию существующих полигонов захоронения отходов и земель после ликвидации несанкционированных свалок на закрепленной территории.	промежуточный

## 2. Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, шкала оценивания

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	УРОВНИ СФОРМИРОВАННОСТИ (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
<b>ПК-3.1</b> Способен проводить качественный и количественный анализ химических веществ.	<b>Знает</b> основные методики и средства контроля, области их применения (З.3.1.1).	Ответы на вопросы № 1, 3-5, 10-12, 17-22, 25, 27-29, 31, 32, 36-38, 40, 42-44, 46, 48-57 к зачету.	Имеет представление об основных методиках химического анализа.	Перечисляет и объясняет основные методики химического анализа.	Обосновывает выбор метода и методики анализа в зависимости от содержания определяемого количества, природы анализируемого объекта.
	<b>Умеет</b> проводить измерения и обрабатывать результаты измерений (У.3.1.1).	Ответы на вопросы № 6-9, 30, 39, 45, 47 к зачету.  Отчеты по лабораторным работам.	Имеет представление о правилах проведения измерений и обработке экспериментальных данных.	Выполняет измерения и знает правила обработки экспериментальных данных.	Выполняет измерения, учитывает факторы, влияющие на результаты измерений, обрабатывает полученные экспериментальные данные.

	<p><b>Владеет</b> методиками проведения контроля и предоставления результатов контроля химического фактора (В.3.1.1) .</p>	<p>Ответы на задания № 2, 13-16, 23, 24, 26, 33-35, 41, 58 к зачету.</p> <p>Отчеты по лабораторным работам.</p>	<p>Имеет представление о существующих методах и методиках химического анализа.</p>	<p>Способен выбрать метод и методику анализа для решения поставленной задачи, рассчитать результаты анализа.</p>	<p>Способен выбрать метод и методику анализа, провести анализ исследуемого вещества. Объяснят правила расчета результатов анализа, оценивает метрологические и аналитические характеристики.</p>
--	--	---	--	--	--

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ):

По дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме зачета, шкала оценивания – бинарная («зачтено», «не зачтено»).

### 3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации

#### 3.1 Вопросы к зачету

#### Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-3:

1. Сущность гравиметрического анализа. Методы отгонки и осаждения. Краткая характеристика основных стадий в методе осаждения.
2. Принцип вычисления результатов гравиметрического анализа. Понятие о гравиметрическом факторе.
3. Осаждаемая и гравиметрическая формы осадка. Требования, предъявляемые к ним.
4. Термодинамическая и концентрационная константа растворимости (произведение растворимости). Растворимость осадка.
5. Условие образования и растворения осадка. Условие количественного осаждения определяемого иона.
6. Растворимость осадка в его насыщенном растворе при отсутствии избытка осадителя и при избытке осадителя.
7. Влияние посторонних электролитов (ионной силы раствора) на растворимость осадка. «Солевой эффект».
8. Влияние температуры и природы осадителя на растворимость осадка.
9. Влияние pH и конкурирующих реакций комплексообразования на растворимость осадка (качественный аспект).
10. Условия получения кристаллических осадков. Способы укрупнения частиц. Старение (созревание) кристаллических осадков. Осаждение из гомогенных растворов.
11. Условия получения аморфных осадков. Образование и коагуляция коллоидных растворов. Пептизация осадка.
12. Загрязнение осадков примесями. Виды соосаждения: адсорбция, окклюзия, изоморфизм. Послеосаждение. Способы уменьшения соосаждения.
13. Фильтрование осадков. Виды фильтров.
14. Промывание осадков. Требования, предъявляемые к жидкости для промывания кристаллических и аморфных осадков.
15. Высушивание и прокаливание осадков.
16. Принципиальные основы методов гравиметрического определения. Схема анализа, уравнение реакций, структура осадка, обоснование условий получения осаждаемой и гравиметрической форм осадка, принципы загрязнения осадка и меры по его устранению, выбор промывной жидкости, вычисление результатов анализа при определении следующих веществ:
  - а) бария в виде сульфата бария;
  - б) серы в растворимых сульфатах;
  - в) кальция оксалатным методом;
  - г) магния фосфатным методом;
  - д) кальция и магния при совместном присутствии;
  - е) никеля в стали;
  - ж) алюминия (осадитель – гидроксид аммония; 8-оксихинолин);
  - з) железа в соли Мора (осадитель – гидроксид аммония);
  - и) хлора в растворимых хлоридах.
17. Сущность титриметрического анализа (ТА).
18. Требования к реакциям, используемым в ТА.
19. Основные понятия ТА: титрование, стандартный раствор, титрант, точка эквивалентности, конечная точка титрования, индикатор, эквивалент, число и фактор эквивалентности.

20. Способы приготовления стандартных растворов. Расчеты, связанные с приготовлением стандартных растворов.
21. Первичные стандарты (установочные вещества) и требования, предъявляемые к ним. Вторичные стандарты, фиксаналы (стандарт-титры).
22. Способы отдельных навесок и пипетирования.
23. Способы выражения концентрации стандартных растворов.
24. Классификация титриметрических методов по типу реакции титрования и по технике титрования.
25. Сущность прямого, обратного титрования и титрования заместителя.
26. Расчет результатов прямого, обратного титрования и титрования заместителя. Принцип эквивалентности (закон эквивалентов).
27. Сущность метода кислотно-основного титрования.
28. Расчет и построение кривой титрования сильной кислоты (основания) стандартным раствором сильного основания (кислоты).
29. Расчет и построение кривой титрования слабой кислоты (основания) стандартным раствором сильного основания (кислоты).
30. Скачок титрования и факторы, влияющие на его величину. Расчет скачка титрования при заданной допустимой погрешности титрования.
31. Кислотно-основные индикаторы. Ионная теория индикаторов.
32. Интервал перехода окраски двухцветных индикаторов и показатель титрования. Принцип выбора кислотно-основного индикатора.
33. Сущность метода осадительного титрования на примере аргентометрического титрования.
34. Определение хлорид-ионов методом аргентометрического титрования по способу Мора, Фольгарда и Фаянса.
35. Сущность метода комплексонометрического титрования.
36. Комплексоны II (ЭДТУК) и III (ЭДТА) и их свойства. Формы ионного состояния ЭДТА в зависимости от pH раствора.
37. Приготовление и стандартизация раствора ЭДТА, установочные вещества.
38. Реакции комплексообразования ионов металлов разного заряда с ЭДТА. Строение комплексонов металлов.
39. Факторы, влияющие на устойчивость комплексонов металлов.
40. Металлохромные индикаторы и принцип их действия на примере эриохромового черного Т.
41. Техника комплексонометрического титрования: прямое, обратное, косвенное титрование, титрование заместителя. Примеры и расчет результатов таких способов титрования (определение ионов цинка, магния, анионов, органических соединений, жесткости воды).
42. Сущность метода окислительно-восстановительного титрования.
43. Окислительно-восстановительные реакции и окислительно-восстановительный потенциал (ОВП). Уравнение Нернста.
44. Стандартный, нормальный и условный (формальный, реальный) ОВП.
45. Факторы, влияющие на величину ОВП (pH раствора, образование малорастворимых соединений и др.).
46. Расчет и построение кривых окислительно-восстановительного титрования.
47. Скачок титрования в методе окислительно-восстановительного титрования и факторы, влияющие на его величину.
48. Индикаторы в методе окислительно-восстановительного титрования: обратимые, необратимые, специфические.
49. Перманганатометрия. Стандартный раствор  $KMnO_4$ , его приготовление, стандартизация и хранение.

50. Определение восстановителей методом прямого перманганатометрического титрования (на примере  $Fe(II)$ ).
51. Определение окислителей методом обратного перманганатометрического титрования (на примере  $MnO_2$ ).
52. Перманганатометрическое определение ионов металлов, образующих малорастворимые оксалаты, методом титрования заместителя (на примере  $Ca(II)$ ).
53. Йодометрия. Стандартный раствор иода ( $I_2$ ), приготовление, стандартизация.
54. Йодометрическое определение восстановителей (на примере  $As(III)$ ).
55. Йодометрия. Стандартный раствор тиосульфата натрия ( $Na_2S_2O_3$ ), его приготовление, стандартизация и хранение.
56. Йодометрическое определение окислителей способом титрования заместителя (на примере  $As(V)$ ,  $Cu(II)$ ; сильных кислот; ионов металлов ( $Ba(II)$ ,  $Pb(II)$ ), образующих малорастворимые хроматы).
57. Дихроматометрия. Определение  $Fe(II)$ .
58. Метрологические основы аналитической химии.

#### 4. Задания для контрольных работ.

##### 4.1 Контрольная работа №1.

###### Вариант 1

1. Определение магния в присутствии кальция. Почему перед осаждением магния после отделения кальция необходимо удалить соли аммония? Выведите формулу для вычисления массовой доли карбоната магния в минерале по результатам анализа.
2. Вычислите молярную концентрацию  $(NH_4)_2C_2O_4$ , отвечающую началу образования осадка  $CaC_2O_4$  из  $3 \cdot 10^{-4} M$  раствора хлорида кальция.
3. Приготовление и стандартизация раствора гидроксида натрия. Выведите формулу для расчета молярной концентрации  $NaOH$  и титра  $NaOH$  по серной кислоте ( $T(NaOH / H_2SO_4)$ ).
4. Какой объем воды следует добавить к 200,0 мл 0,1000н. ( $f_{э.к.} = \frac{1}{6}$ ) раствора дихромата калия ( $K_2Cr_2O_7$ ) для получения раствора с титром по железу ( $T(K_2Cr_2O_7 / Fe)$ ), равным 0,005000 г/мл?

###### Вариант 2

1. Как влияют температура и природа растворителя на растворимость осадка?
2. Массовая доля серы в угле составляет 0,6%. Рассчитайте массу навески угля, которую надо взять для получения 0,15 г осадка  $BaSO_4$ ?
3. Как проводится определение анионов методом косвенного комплексонометрического титрования? Рассмотрите на примере определения сульфат-ионов.
4. Вычислите массовую долю карбоната кальция ( $CaCO_3$ ) и карбоната магния ( $MgCO_3$ ) в известняке, если после растворения 1,000 г пробы и соответствующей обработки объем раствора довели водой до 100,0 мл. На титрование 20,00 мл этого раствора для определения суммарного содержания  $Ca^{2+}$  и  $Mg^{2+}$  израсходовали 19,25 мл 0,05140M раствора ЭДТА, а на титрование 20,00 мл раствора для определения содержания только  $Ca^{2+}$  израсходовали 6,35 мл раствора ЭДТА.

###### Вариант 3

1. Объясните влияние кислотности раствора (рН) на растворимость осадков, образованных анионами слабых и сильных кислот.

- 2 Препарат с массовой долей  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$  80% содержит также инертные примеси. Какую навеску препарата надо взять для анализа, чтобы получить не более 0,11 г прокаленного осадка  $Al_2O_3$ ?
- 3 Дихроматометрическое определение железа. Напишите уравнения реакций и выведите формулу для расчета массы железа по результатам титрования.
- 4 При анализе пробы производственных сточных вод объемом 100,0 мл сульфат-ионы ( $SO_4^{2-}$ ) осадили раствором хлорида бария. Осадок сульфата бария отфильтровали, промыли и растворили в 30,00 мл 0,02503М раствора ЭДТА. Остаток ЭДТА оттитровали 15,60 мл 0,02497М раствора хлорида магния. Определите массовую концентрацию  $SO_4^{2-}$  в сточной воде.

#### Вариант 4

- 1 Выразите гравиметрические факторы при определении  $P_2O_5$ , если гравиметрической формой служили следующие соединения:  $Ca_3(PO_4)_2$ ;  $Mg_2P_2O_7$ ;  $(NH_4)_3PO_4 \cdot 12MoO_3$ .
- 2 Смешали 100 мл 0,05М раствора хлорида бария и 150 мл 0,04М раствора серной кислоты. Выпал осадок. Вычислите массу бария в растворе над осадком.
- 3 В чем сущность метода пипетирования и метода отдельных навесок? Преимущества и недостатки каждого из них.
- 4 Какой объем 11,7% раствора уксусной ( $CH_3COOH$ ) кислоты требуется для приготовления 12 л 1% раствора?

#### Вариант 5

- 1 Какова роль разбавления, перемешивания, регулирования температуры, скорости добавления осадителя при получении кристаллических и аморфных осадков?
- 2 Будет ли наблюдаться помутнение раствора после смешивания равных объемов растворов сульфата кальция с массовой концентрацией 0,2 г/л и оксалата аммония с массовой концентрацией 0,26 г/л?
- 3 Рассчитайте скачок титрования 10 мл 0,1М раствора  $NaOH$  0,1М раствором  $HCl$  при допустимой погрешности  $\pm 0,1\%$ . Выберите индикатор для данного титрования.
- 4 Рассчитайте массу навески соли  $K_2Cr_2O_7$ , необходимую для приготовления 2 л раствора дихромата калия с титром по железу ( $T(K_2Cr_2O_7 / Fe)$ ), равным 0,002792 г/мл?

#### Вариант 6

- 1 Выразите и рассчитайте гравиметрические факторы при определении:
  - а)  $Ag$  в виде  $Ag_2CrO_4$ ;
  - б)  $Al$  в виде  $Al_2O_3$ ;
  - в)  $K_2O$  в виде  $K_2[PtCl_6]$ ;
  - г)  $FeO$  в виде  $Fe_2O_3$ .
- 2 При анализе 0,1726 г препарата получено 0,5341 г  $(NH_4)_3PO_4 \cdot 12MoO_3$ . Какова массовая доля  $P_2O_5$  в препарате?
- 3 Определение хлорид-ионов ( $Cl^-$ ) методом Фаянса. Поясните принцип действия адсорбционных индикаторов. Выведите формулу для расчета массы  $Cl^-$  по результатам титрования.
- 4 Из навески 1,200 г образца, содержащего хромат калия ( $K_2CrO_4$ ), приготовили раствор в мерной колбе вместимостью 100,0 мл. К 25,00 мл полученного раствора добавили избыток раствора нитрата свинца ( $Pb(NO_3)_2$ ). Полученный осадок хромата свинца ( $PbCrO_4$ ) отфильтровали, промыли, перевели в раствор и обработали 10,00 мл 0,1000М раствора ЭДТА. Остаток ЭДТА оттитровали 8,00 мл 0,05109М раствора

сульфата цинка ( $ZnSO_4$ ). Рассчитайте массовую долю хромат-ионов ( $CrO_4^{2-}$ ) в образце.

### Вариант 7

- 1 Какие факторы влияют на растворимость осадка (качественный аспект)?
- 2 Какую навеску руды с массовой долей железа 60% нужно взять для анализа, чтобы получить 1,16 г  $Fe_2O_3$ ?
- 3 Титрование ионов железа (III) стандартным раствором восстановителя закончили при потенциале 0,59В. Используя уравнение Нернста, вычислите соотношение концентраций ионов железа (III) и железа (II) ( $\frac{[Fe^{3+}]}{[Fe^{2+}]}$ ) в конце титрования.
- 4 К 10,00 мл раствора хлорида никеля ( $NiCl_2$ ) добавили дистиллированную воду, аммиачный буферный раствор и 20,00 мл 0,01080М раствора ЭДТА. Остаток ЭДТА оттитровали 5,47 мл 0,01292М раствора хлорида магния ( $MgCl_2$ ). Рассчитайте молярную концентрацию  $NiCl_2$ .

### Вариант 8

- 1 Почему осаждение кальция в виде оксалата кальция выгоднее вести из кислого раствора, постепенно нейтрализуя кислоту аммиаком?
- 2 Какова будет потеря массы осадка  $PbSO_4$  при промывании его 250 мл  $3 \cdot 10^{-3}$ М раствора  $(NH_4)_2SO_4$ ?
- 3 Смешали 10 мл 0,30М раствора  $HCl$  и 20 мл 0,20М раствора  $NaOH$ . Какую окраску будет иметь индикатор метиловый оранжевый в полученном растворе?
- 4 Какой объем 10% раствора соды ( $Na_2CO_3$ ) плотностью 1,105 г/см<sup>3</sup> надо взять для приготовления 1 л раствора с титром  $Na_2CO_3$ , равным 0,0050 г/мл?

### Вариант 9

- 1 Перечислите требования, предъявляемые к осаждаемой форме осадка.
- 2 Какова должна быть молярная концентрация оксалата аммония в промывной жидкости, чтобы в 250 мл ее при промывании осадка оксалата кальция растворилось не более 0,2% осадка?
- 3 На титрование 0,1М раствора уксусной кислоты ( $CH_3COOH$ ) израсходовали эквивалентное количество 0,1М раствора  $NaOH$  в присутствии индикатора фенолфталеина. Какую окраску имел при этом раствор?
- 4 Какой объем раствора с массовой долей аммиака ( $NH_3$ ) 12% и плотностью 0,95 г/см<sup>3</sup> требуется для приготовления 8,0 л 2,0М раствора?

### Вариант 10

- 1 В чем сущность осаждения из гомогенного раствора? Приведите примеры осаждения из гомогенного раствора:
  - а) регулированием pH среды;
  - б) путем синтеза осадителя в растворе.
- 2 При анализе 0,6528 г сплава получено 0,1215 г  $AgCl$ . Вычислите массовую долю серебра в сплаве.
- 3 Какое практическое значение имеет величина скачка титрования? Вычислите величину скачка титрования раствора сульфата железа (II) ( $FeSO_4$ ) стандартным раствором сульфата церия (IV) ( $Ce(SO_4)_2$ ) для допустимой погрешности титрования  $\pm 0,1\%$ .  
 $E^0_{Fe^{3+}/Fe^{2+}} = 0,77В$ ;  $E^0_{Ce^{4+}/Ce^{3+}} = 1,44В$ .

- 4 Рассчитайте массовую долю цинка в руде, если на титрование раствора, приготовленного из навески руды массой 0,9003 г израсходовано 19,51 мл 0,1015М раствора ЭДТА.

#### 4.2 Контрольная работа №2.

##### Вариант 1

- 1 Перечислите требования, предъявляемые к гравиметрической форме осадка.
- 2 При анализе 0,2215 г глины влажностью 2,45% получено 0,1096 г диоксида кремния. Вычислите массовую долю кремния в сухой глине.
- 3 Каков принцип действия металлохромных индикаторов в комплексонометрии? Рассмотрите на примере индикатора эриохромового черного Т.
- 4 К анализируемому раствору сульфита натрия ( $Na_2SO_3$ ) прибавили 24,74 мл 0,1158М раствора иода ( $I_2$ ). На титрование остатка  $I_2$  затратили 19,34 мл 0,1146М раствора тиосульфата натрия ( $Na_2S_2O_3$ ). Рассчитайте массу  $Na_2SO_3$  в анализируемом растворе.

##### Вариант 2

- 1 Почему при определении кальция в присутствии магния необходимо прибегать к переосаждению  $CaC_2O_4$ ? Почему при вторичном осаждении осадок получается более чистым, чем при первом осаждении?
- 2 Смешали 220 мл  $1,0 \cdot 10^{-3}$ М хлорида кальция и 130 мл  $2,0 \cdot 10^{-3}$ М раствора оксалата аммония. Вычислите массу кальция в растворе.
- 3 Приготовление и стандартизация раствора хлороводородной кислоты ( $HCl$ ). Выведите формулу для расчета молярной концентрации и титра раствора  $HCl$  по результатам титрования.
- 4 Рассчитайте массу хлорида калия, содержащегося в 250 мл его раствора, если на титрование 25,00 мл этого раствора израсходовали 34,00 мл 0,1050М раствора нитрата серебра ( $AgNO_3$ )?

##### Вариант 3

- 1 Определение никеля. Обоснуйте выбор условий осаждения и выведите формулу для вычисления массовой доли никеля в стали по результатам анализа.
- 2 Во сколько раз растворимость хромата бария в воде больше, чем в 0,010М растворе  $K_2CrO_4$ ?
- 3 Поясните, почему кислотно-основные индикаторы изменяют окраску при изменении рН раствора. Основные характеристики кислотно-основных индикаторов (интервал перехода окраски; показатель титрования).
- 4 Рассчитайте массу хлорида бария ( $BaCl_2$ ), содержащегося в 250 мл его раствора, если после добавления к 25,00 мл этого раствора 40,00 мл 0,1020М раствора нитрата серебра остаток  $AgNO_3$  оттитровали 15,00 мл 0,09800М раствора тиоцианата аммония ( $NH_4SCN$ ).

##### Вариант 4

- 1 Загрязнение осадков путем последующего осаждения (послеосаждения). Как избежать такого загрязнения осадка?
- 2 При анализе 0,5628 г минерала получено 0,1097 г  $Mg_2P_2O_7$ . Вычислите массовую долю  $MgO$  в минерале.
- 3 Поясните, как влияет образование малорастворимого соединения одного из компонентов окислительно-восстановительной системы на величину окислительно-

восстановительного потенциала. Рассмотрите на примере системы  $Cu^{2+}/Cu^+$ , если  $[Cu^{2+}] = 0,02$  моль/л;  $[I^-] = 0,5$  моль/л.  $E^0_{Cu^{2+}/Cu^+} = 0,15$  В.

- 4 Рассчитайте молярную концентрацию цинка ( $Zn^{2+}$ ) в растворе, если на титрование 20,15 мл этого раствора израсходовали 9,35 мл 0,05000М раствора ЭДТА.

#### Вариант 5

- 1 Чем соосаждение отличается от совместного и последующего осаждения? Почему  $CaCO_3$  является более удобной гравиметрической формой осадка, чем  $CaO$ ?
- 2 При анализе 0,5335 г силиката влажностью 1,23% получено 0,0963 г  $Mg_2P_2O_7$ . Вычислите массовую долю  $MgO$  в сухом силикате.
- 3 Определение хлорид-ионов ( $Cl^-$ ) методом Мора. Напишите уравнения реакций и выведите формулу для расчета молярной концентрации хлорид-ионов.
- 4 Рассчитайте молярную концентрацию, титр и титр ЭДТА по оксиду кальция, если на титрование 0,1035 г карбоната кальция израсходовали 20,15 мл раствора ЭДТА.

#### Вариант 6

- 1 Выразите гравиметрические факторы при определении кальция, если в качестве гравиметрической формы использованы следующие соединения:
  - а)  $CaO$ ;
  - б)  $CaCO_3$ .
- 2 Вычислите массу ионов серебра, оставшегося в растворе, если к 53 мл раствора, содержащего 85 мг  $AgNO_3$ , прибавили 47 мл 0,010М раствора карбоната натрия.
- 3 10 мл анализируемого 0,20М раствора  $HCl$  титруют стандартным 0,20М раствором  $NaOH$ . Вычислите скачок титрования при недостатке и избытке щелочи в 0,1% от эквивалентного количества.
- 4 Рассчитайте массу навески соли  $K_2Cr_2O_7$ , необходимую для приготовления 2 л 0,1500н. ( $f_{эkv.} = \frac{1}{6}$ ) раствора дихромата калия.

#### Вариант 7

- 1 Почему осадок  $MgNH_4PO_4$  промывают не чистой водой, а разбавленным водным раствором аммиака? Почему осаждение  $Mg^{2+}$  в виде  $MgNH_4PO_4$  ведут в присутствии  $NH_4Cl$ ?
- 2 Вычислите массу потери осадка сульфата свинца при его промывании:
  - а) 200 мл воды
  - б) 200 мл 0,001М раствора  $H_2SO_4$
- 3 Требования к реакциям, используемым в титриметрическом анализе. Классификация титриметрических методов анализа по типу используемой реакции.
- 4 Какой объем воды необходимо добавить к 1,0 л 0,24М раствора  $HCl$ , чтобы приготовить 0,20М раствор. Чему равен титр исходного раствора?

#### Вариант 8

- 1 Каковы причины адсорбции ионов на поверхности осадка? Какие ионы адсорбируются осадком в первую очередь? Способы устранения мешающего влияния адсорбции.
- 2 Из 25,00 мл раствора сульфата меди получен осадок тиоцианата меди  $CuSCN$  массой 0,2144 г. Вычислите массовую концентрацию меди в растворе.
- 3 Приготовление и стандартизация раствора перманганата калия ( $KMnO_4$ ). Напишите уравнения реакций и выведите формулу для расчета нормальной концентрации  $KMnO_4$  ( $f_{эkv.} = \frac{1}{5}$ ) по результатам титрования.

- 4 На титрование раствора магния, приготовленного растворением навески  $MgSO_4$  массой 0,1250 г, израсходовали 21,10 мл раствора ЭДТА. Рассчитайте молярную концентрацию раствора ЭДТА и его титр.

#### Вариант 9

- 1 Какие условия необходимо создавать при получении аморфных осадков?
- 2 Рассчитайте массовую долю железа в руде, если из навески руды массой 0,7020 г получено 0,4344 г  $Fe_2O_3$ .
- 3 В каких случаях применяют способ титрования заместителя (вытеснительное титрование) в комплексонометрии и как он осуществляется? Приведите примеры.
- 4 К навеске дихромата калия ( $K_2Cr_2O_7$ ) массой 0,1100 г добавили избыток иодида калия и хлороводородную кислоту. Выделившийся иод ( $I_2$ ) оттитровали 20,00 мл раствора тиосульфата натрия ( $Na_2S_2O_3$ ). Вычислите молярную концентрацию раствора  $Na_2S_2O_3$  и титр  $Na_2S_2O_3$  по иоду ( $T(Na_2S_2O_3 / I_2)$ ).

#### Вариант 10

- 1 Обоснуйте условия осаждения  $SO_4^{2-}$  раствором  $BaCl_2$ . Почему это осаждение ведут в присутствии  $HCl$  и из горячего раствора? Выведите формулу для вычисления массы  $SO_4^{2-}$  по результатам анализа.
- 2 Вычислите растворимость  $AgCl$  в 0,01М растворе  $MgCl_2$ .
- 3 В чем состоит сущность титриметрического анализа? Что такое точка эквивалентности и конечная точка титрования? Как рассчитывают результат титриметрического анализа?
- 4 Рассчитайте массу навески соли  $AgNO_3$ , необходимую для приготовления 800 мл 0,0500М раствора нитрата серебра.

### 5. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКДВ. Порядок организации и проведения зачетов и экзаменов.