

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
 высшего образования  
 «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и  
 дизайна»  
 (СПбГУПТД)

УТВЕРЖДАЮ  
 Директор ВШТЭ



## Рабочая программа дисциплины

**Б1.О.18**

Аналитическая химия и физико-химические методы анализа

Учебный план: \_\_\_\_\_ ФГОС3++b180301.19-12\_22-14.plx

Кафедра:  Общей и неорганической химии

Направление подготовки:  
 (специальность) 18.03.01 Химическая технология

Профиль подготовки: Химическая и биотехнология переработки растительного сырья  
 (специализация)

Уровень образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

### План учебного процесса

Семестр (курс для ЗАО)		Контактная работа обучающихся		Сам. работа	Контроль, час.	Трудоёмкость, ЗЕТ	Форма промежуточной аттестации
		Лекции	Лаб. занятия				
3	УП	17	68	59	36	5	Экзамен
	РПД	17	68	59	36	5	
4	УП	17	68	22,75	0,25	3	Зачет
	РПД	17	68	22,75	0,25	3	
Итого	УП	34	136	81,75	36,25	8	
	РПД	34	136	81,75	36,25	8	

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология, утверждённым приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 07.08.2020 г. № 922

Составитель (и):

Кандидат химических наук, старший преподаватель

Кандидат химических наук, доцент

Смит Р.А.

Дмитревич И.Н.

От кафедры составителя:

Заведующий кафедрой общей и неорганической химии

Луканина Т.Л.

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

Смирнова Е.Г.

Методический отдел:

Смирнова В.Г.

## 1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

**1.1 Цель дисциплины:** Обучить студентов умению и навыкам разработки и использования методов химического и физико-химического анализа для контроля технологических процессов (в том числе при переработке полимеров), качества сырья и готовой продукции

### 1.2 Задачи дисциплины:

- обучить студентов классическим химическим и физико-химическим методам анализа;
- научить студентов применению теории химического равновесия в растворах к решению практических задач контроля технологического процесса;
- научить студентов обоснованному подходу к оценке, выбору и практическому использованию химических и физико-химических методов анализа для контроля производства.

### 1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Предварительная подготовка предполагает создание основы для формирования компетенций, указанных в п. 2, при изучении дисциплин:

Математика

Общая и неорганическая химия

Органическая химия

Физическая химия

## 2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

<b>ОПК-2: Способен использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности</b>
<b>Знать:</b> основные химические законы и теории, физико-химические методы анализа, основные этапы качественного и количественного химического анализа различных веществ, методы разделения и концентрирования веществ, метрологические характеристики классических методов анализа.
<b>Уметь:</b> подготовить пробу к анализу, прогнозировать влияние различных факторов на равновесие в химических реакциях, выполнить анализ объекта классическим методом, провести статистическую обработку результатов измерений.
<b>Владеть:</b> навыками работы с химическими реактивами и приборами, проведения количественного и качественного анализа химическими и физико-химическими методами, навыками корректной оценки погрешностей при их проведении.
<b>ОПК-5: Способен осуществлять экспериментальные исследования и испытания по заданной методике, проводить наблюдения и измерения с учетом требований техники безопасности, обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные</b>
<b>Знать:</b> теоретические основы и принципы химических и физико-химических методов анализа – электрохимических, спектральных, хроматографических, области применения, основное аппаратное оформление
<b>Уметь:</b> выбрать методику анализа для заданной задачи и выполнить ее экспериментально с получением результатов аналитических определений с необходимыми метрологическими характеристиками
<b>Владеть:</b> методами вычислительной математики и математической статистики для обработки результатов эксперимента.

### 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий	Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа		СР (часы)	Инновац. формы занятий	Форма текущего контроля
		Лек. (часы)	Лаб. (часы)			
Раздел 1. Введение в аналитическую химию. Химический и физико-химические методы анализа	3					О,К
Тема 1. Теоретические основы аналитической химии. Качественный и количественный анализ. Требования, предъявляемые к методам анализа		0,5		2		
Тема 2. Химический количественный анализ. Требования, предъявляемые к реакциям в объемном анализе. Закон эквивалентности. Способы выражения концентраций. Приемы титрования. Расчет массы и концентрации определяемого вещества.		1,5		8	ИЛ	
Раздел 2. Методы кислотно-основного титрования.						Л,Ко
Тема 3. Ионные равновесия в кислотно-основном титровании. Равновесие в растворах сильных и слабых кислот, оснований, гидролизующихся солей и буферных растворов. Лабораторная работа № 1. Приготовление раствора гидроксида натрия. (Техника соизмерения колбы с пипеткой. техника работы на полумикробюретке)		4	4	10	ИЛ	
Тема 4. Расчет и построение кривых кислотно-основного титрования. Кислотно - основные индикаторы: их состав и свойства. Принцип подбора индикаторов. Лабораторная работа № 2. Установка точной концентрации рабочего раствора гидроксида натрия. Лабораторная работа № 3. Определение количества серной кислоты методом прямого титрования. Лабораторная работа № 4. Определение гидрокарбоната натрия и карбоната натрия при совместном присутствии методом фиксирования двух точек эквивалентности.		4	16	14	ГД	

Раздел 3. Методы титрования на основе реакций комплексообразования и осаждения					
Тема 5. Комплексиметрическое и комплексометрическое титрование. Комплексоны. Концентрационная и условная константы устойчивости комплексонов. Металлохромные индикаторы. Лабораторная работа № 5. Комплексометрическое определение жесткости воды.	2	8	10	ГД	Л,Ко
Тема 6. Осадительное титрование. Критерии оценки образования малорастворимых соединений. Способы определения точки эквивалентности в осадительном титровании. Лабораторная работа № 6. Определение количества хлорида калия методом осаждения.	2	6	4	ИЛ	
Раздел 4. Методы окислительно-восстановительного титрования					
Тема 7. Теоретические основы окислительно-восстановительного взаимодействия. Электрохимическая ячейка. Уравнение Нернста для ЭДС гальванического элемента и электродного потенциала. Константа равновесия окислительно-восстановительной реакции. Способы определения точки эквивалентности в окислительно-восстановительном титровании. Кривые титрования.	3		8	ИЛ	Ко,Л
Тема 8. Перманганатометрия: достоинство и недостатки метода. Иодометрия, условия ее проведения. Специфические индикаторы. Бихроматометрия. Лабораторная работа № 7. Определение бихромата калия методом перманганатометрии: приготовление раствора перманганата калия; определение точной концентрации рабочего раствора перманганата калия; приготовление вспомогательного раствора соли Мора; определение точной концентрации раствора соли Мора; определение количества бихромата калия методом обратного титрования. Лабораторная работа № 8. Определение количества меди методом иодометрии.		34	3	ГД	
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)	17	68	59		

Консультации и промежуточная аттестация (Экзамен)		2,5	33,5		
Раздел 5. Основы физико-химического анализа					
Тема 9. Классификация физико-химических методов анализа (по принципу получения аналитического сигнала, по физико-химическим свойствам системы, по использованию аналитического сигнала). Отличие от классических методов анализа. Стадии химического анализа. Этапы проведения анализа методами ФХМА. Преимущества и недостатки.		0,5	0,5	ИЛ	
Тема 10. Аналитический сигнал и его свойства, определяющие чувствительность, селективность, экспрессность, помехозащищенность методики анализа.		0,5	0,5	ИЛ	О
Тема 11. Метрологическое обеспечение анализа (чувствительность, предел определения, точность, правильность, воспроизводимость, селективность). Аккредитованные аналитические лаборатории. Методики выполнения измерений.	4	0,5	0,5	ИЛ	
Раздел 6. Электрохимические методы анализа					
Тема 12. Потенциометрия. Назначение метода. Возникновение электродного потенциала. Уравнение Нернста. Электрохимическая ячейка. Классификация и назначение электродов. Ионметрия и косвенная потенциометрия. Преимущества и недостатки метода. Лабораторная работа № 9. Определение количества соляной кислоты методом потенциометрического титрования.		2	10	3	ГД
Тема 13. Кулонометрия. Назначение метода. Закон Фарадея. Потенциостатический и амперостатический методы. Кулонометрическое титрование. Назначение и особенности применения. Способы электрогенерации титранта. Требования к методу. Лабораторная работа № 10. Определение количества соляной кислоты или тиосульфата натрия методом кулонометрического титрования.		1	9	1	ИЛ
					Л,Ко

<p>Тема 14. Кондуктометрия. Назначение метода. Классификация способов кондуктометрического анализа (прямая/косвенная, низкочастотная/высокочастотная). Электропроводность раствора. Зависимость ее от концентрации, температуры и природы ионов. Высокочастотное титрование</p> <p>Лабораторная работа № 11. Определение количества соляной кислоты методом кондуктометрического титрования</p>	1,5	10	1	ИЛ	
<p>Тема 15. Полярография. Назначение метода. Классификация полярографических методов и примеры их использования. Получение и характеристики полярографической (вольтамперной) кривой. Принцип качественного и количественного полярографического анализа. Амперометрическое титрование: сущность, назначение, кривые титрования.</p>	1		1	ИЛ	
<p>Раздел 7. Оптические методы анализа: теоретические основы, классификация и аппаратное оформление</p>					
<p>Тема 16. Фотометрия: закон Бугера-Ламберта-Бера; методы измерения оптической плотности; методы определения концентрации по величине оптической плотности. Фотометрическое определение железа в растворе</p> <p>Лабораторная работа № 12. Определение количества железа в растворе фотометрическим методом.</p>	3	10	5	ИЛ	
<p>Тема 17. Рефрактометрический анализ. Теоретические основы метода. Аддитивность рефракции. Применение в анализе.</p> <p>Люминесцентный анализ. Виды люминесценции, их классификация. Флуориметрия.</p>	1		2	ИЛ	Л,Ко
<p>Тема 18. Спектрофотометрия: классификация методов; получение спектров поглощения, методы количественного и качественного анализа. Спектрофотометрическое определение красителей в их смеси</p> <p>Лабораторная работа № 13. Спектрофотометрическое определение концентрации красителей в их смеси</p>		9			

Раздел 8. Хроматографические методы анализа: теоретические основы, классификация, методы качественного и количественного анализа					
Тема 19. Хроматографические методы анализа: теоретические основы, классификация, методы качественного и количественного анализа. Планарная хроматография. Гель-хроматография. ВЭЖХ. Капиллярный электрофорез.	2		8,25	ИЛ	
Тема 20. Газовая хроматография. Устройство газового хроматографа. Анализ хроматограммы. Количественный и качественный анализ. Детекторы (катарометр, пламенно-ионизационный, масс-спектрометрический). Лабораторная работа № 14. Качественный и количественный анализ смеси углеводородов методом газовой хроматографией.	2	10		ИЛ	РГР,Л
Тема 21. Ионообменная хроматография. Классификация и назначения ионитов. Особенности и закономерности ионного обмена. Лабораторная работа № 15. Количественное определение ионов цинка и магния в смеси методом ионообменной хроматографии	2	10		ИЛ	
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)	17	68	22,75		
Консультации и промежуточная аттестация (Зачет)	0,25				
<b>Всего контактная работа и СР по дисциплине</b>		172,75	115,25		

#### 4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Курсовое проектирование учебным планом не предусмотрено

#### 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

##### 5.1 Описание показателей, критериев и системы оценивания результатов обучения

##### 5.1.1 Показатели оценивания

Код компетенции	Показатели оценивания результатов обучения	Наименование оценочного средства
ОПК-2	<p>1. Показывает знание базовых законов химии, физики и теоретических основ химического и физико-химического анализа (качественного и количественного).</p> <p>2. Демонстрирует способность прогнозировать влияние различных факторов на равновесие химических реакций с целью аргументированного выбора условий классического химического анализа.</p> <p>3. Показывает знакомство с основными этапами качественного и количественного химического анализа, с методами разделения, концентрирования и подготовки пробы к анализу.</p> <p>4. Проявляет навыки работы с химическими реактивами, приборами и демонстрирует способность оценивать</p>	<p>1. Вопросы устного собеседования.</p> <p>2. Практико-ориентированные задания.</p>



	погрешность измерений на основе результатов статистической обработки.	
ОПК-5	<p>1. Показывает знание теоретических основ и принципов химических и физико-химических методов анализа (электрохимических, спектральных, хроматографических). Ориентируется в области их применения и аппаратного оформления.</p> <p>2. Демонстрирует способность аргументированного выбора методики решения конкретной аналитической задачи и умение ее выполнения с соблюдением заданных метрологических характеристик и требований техники безопасности.</p> <p>3. Демонстрирует навыки проведения аналитических исследований, обработки и интерпретации их результатов. Проявляет высокий уровень освоения методов вычислительной математики и математической статистики для обработки результатов эксперимента.</p>	<p>1. Вопросы устного собеседования.</p> <p>2. Практико-ориентированные задания</p>

### 5.1.2 Система и критерии оценивания

Шкала оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Письменная работа
5 (отлично)	Обучающийся демонстрирует глубокое знание теоретических основ аналитической химии, при ответе легко ориентируется в основных понятиях, терминах и определениях; проработал основную и знаком с дополнительной литературой; способен обоснованно применять теорию химического равновесия к решению практических задач анализа химических систем; может аргументировано выбирать методику анализа для последующей профессиональной деятельности; проявляет творческие способности и широкую эрудицию в использовании учебного материала.	Обучающийся показывает правильное понимание условия задачи, владение навыками его анализа, выбора нужных законов и формул и химических реакций для ее решения, знание размерностей химических и физических величин. Умеет применять математический аппарат для реализации плана решения задачи. Получил правильный ответ и может его интерпретировать
4 (хорошо)	Обучающийся демонстрирует достаточный уровень знания теоретических основ аналитической химии, ориентируется в основных понятиях, терминах и определениях; усвоил основную литературу; допускает незначительные погрешности при ответах на вопросы экзаменационного билета и дополнительные вопросы преподавателя	Обучающийся показывает достаточное понимание условия задачи, владение навыками его анализа, выбора нужных законов, формул и химических реакций для ее решения, знание размерностей химических и физических величин. Допускает незначительные погрешности при применении математического аппарата при решении задачи. Получил правильный ответ, но испытывает затруднения с его интерпретацией.
3 (удовлетворительно)	Обучающийся демонстрирует знания учебного материала в минимальном объеме; может сформулировать химические законы, понятия и определения, но при этом, допуская большое количество непринципиальных ошибок; знаком с основной литературой; допускает существенные ошибки в ответе на экзамене, но может устранить их под руководством преподавателя	Обучающийся вникает в смысл условия задачи, понимает план ее решения, но не может в полной мере с помощью математического аппарата реализовать ее решение. Допускает ошибки в размерностях химических и физических величин, может сделать схему, поясняющую решение задачи.
2 (неудовлетворительно)	Обучающийся не имеет достаточного уровня знания дисциплины; плохо ориентируется в основных понятиях, терминах и определениях; плохо знаком с основной литературой; допускает при ответе на экзамене существенные ошибки и не может устранить их даже под руководством	Обучающийся не способен проанализировать условие задачи, наметить план ее решения, выбрать химические законы и плохо ориентируется в химических и физических величинах, не владеет математическим аппаратом. Представление чужой работы, отказ от выполнения задания

	преподавателя. Попытка списывания, использования неразрешенных технических устройств или пользование подсказкой другого человека.	
Зачтено	Обучающийся показывает всестороннее и глубокое знание основных методов физико-химического анализа, свободно ориентируется в основных понятиях, терминах и определениях; может обоснованно подобрать схему анализа различных объектов производственного контроля; выполнил и оформил все лабораторные работы. Правильно подобрал алгоритм решения предлагаемой в билете задачи, провел все необходимые вычислительные действия, корректно интерпретировал результаты.	
Не зачтено	Обучающийся не имеет достаточного уровня знания дисциплины; не может сформулировать основные принципы организации физико-химического анализа; плохо ориентируется в основных понятиях и определениях; допускает при ответе на зачете существенные ошибки и не может устранить их даже под руководством преподавателя. Не смог корректно решить предложенную в билете задачу, не может воспользоваться предложенными формулами, не в состоянии устранить помарки даже под руководством преподавателя	

## 5.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

### 5.2.1 Перечень контрольных вопросов

№ п/п	Формулировки вопросов
Семестр 3	
1	Методы аналитической химии. Их классификация и характеристика.
2	Основные требования к методам анализа в аналитической химии.
3	Сравнительная характеристика основных методов аналитической химии.
4	Гравиметрический анализ, его достоинства и недостатки.
5	Сущность титриметрического анализа. Достоинства и недостатки.
6	Требования, предъявляемые к реакциям в количественном анализе.
7	Стандартный раствор: его назначение и способы приготовления.
8	Способы приготовления стандартного раствора щелочи.
9	Требования, предъявляемые к установочным веществам. Их назначение и примеры использования.
10	Приготовление титранта стандартизацией раствора приблизительной концентрации на примере стандартного раствора гидроксида натрия.
11	Приготовление стандартного раствора по точной навеске установочного вещества.
12	Закон эквивалентности. Его использование в аналитических расчетах.
13	Прямое, косвенное и обратное титрование. Расчёт содержания анализируемого вещества при различных приёмах титрования.
14	Электролитическая теория растворов. Степень диссоциации, как критерий оценки силы электролита.

15	Степень и константа диссоциации. Факторы, влияющие на степень диссоциации. Закон разбавления Освальда для слабых электролитов
16	Диссоциация воды. Константа ионного произведения воды.
17	Активность, коэффициент активности, ионная сила растворов, их взаимосвязь.
18	Протолитическая теория кислот и оснований. Расчет pH в растворах щелочей и сильных кислот.
19	Равновесие в растворах слабых кислот и оснований. (Вывод формулы для расчета pH).
20	Гидролиз, степень и константа гидролиза солей. Факторы, влияющие на степень гидролиза.
21	Равновесие в растворах гидролизующихся солей. (Вывод формулы для расчета pH).
22	Равновесие в растворах слабых многоосновных кислот и многокислотных оснований.
23	Буферные растворы: их назначение и классификация. Буферная емкость.
24	Равновесие в буферных растворах. (Вывод формулы для расчета pH).
25	Принцип действия буферных растворов.
26	Общие принципы построения кривых титрования. Выбор индикаторов.
27	Кислотно-основные индикаторы. Их строение и принцип действия.
28	Ионная теория кислотно-основных индикаторов. Интервал перехода окраски и показатель титрования индикаторов.
29	Хромофорная теория кислотно-основных индикаторов.
30	Принцип выбора кислотно-основных индикаторов. Индикаторные ошибки, причины их возникновения.
31	Расчет индикаторных ошибок.
32	Расчет и построение кривых титрования сильных кислот и щелочей.
33	Сравнительный анализ кривых титрования сильных и слабых кислот.
34	Расчет и построение кривых титрования слабых кислот и оснований. Причины отсутствия скачка на кривой титрования.
35	Построение кривой титрования слабой кислоты сильным основанием (На примере кислоты с $pK=4$ , $C_{0к}=0,1$ М, $V_k=100$ мл.)
36	Кривые титрования слабых многоосновных кислот и многокислотных оснований. Условие дифференцированного ступенчатого титрования.
37	Реакции комплексообразования. Основные характеристики комплексных соединений. Дентантность лигандов.
38	Недостатки комплексиметрического титрования с использованием малодентантных лигандов. Комплексиметрическое - и комплексонометрическое титрование.
39	Комплексоны: примеры, строение и свойства.
40	Протолитические свойства комплексонов.
41	Выбор оптимальных условий комплексонометрического титрования.
42	Преимущество использования комплексонов в титриметрическом анализе.
43	Концентрационная и условная константы устойчивости комплексонов.
44	Расчет условной константы устойчивости комплексонов. Область ее использования.
45	Расчет и построение кривых комплексонометрического титрования.
46	Металлоиндикаторы, их строение и принцип действия.
47	Требования к индикаторам в комплексонометрическом титровании.
48	Общая характеристика методов осадительного титрования.
49	Определение точки эквивалентности в аргентометрии.
50	Уравнение Нернста для ЭДС гальванического элемента.
51	Вывод уравнения Нернста для электродного потенциала.
52	Форма записи уравнения Нернста электродного потенциала для различных видов реакций.
53	Стандартный окислительно-восстановительный потенциал ( $E^0$ ) и способ его определения.
54	Расчет константы равновесия окислительно-восстановительной реакции. Оценка возможности использования окислительно-восстановительной реакции в титриметрическом анализе.
55	Окислительно-восстановительные индикаторы. Принцип их подбора.
56	Способы определения точки эквивалентности в окислительно-восстановительном титровании.
57	Условия проведения йодометрического титрования.

58	Приготовление стандартного раствора перманганата калия по точной навеске установочного вещества.
59	Условия проведения перманганатометрии.
Семестр 4	
60	Капиллярный электрофорез. Сущность и назначение. Внутренняя организация капилляра, возникновение электроосмотического потока.
61	Теоретические основы метода ионообменной хроматографии. Классификация. Аппаратурное оформление и техника выполнения анализа на примере определения содержания магния и цинка при их совместном присутствии на анионите.
62	Гель-хроматография. Основные принципы и назначения метода. Преимущества и недостатки.
63	Высокоэффективная жидкостная хроматография. Основные принципы и назначения метода. Преимущества и недостатки.
64	Методы качественного и количественного анализа в газовой хроматографии.
65	Неподвижные фазы и требования, предъявляемые к ним. Хроматографические детекторы.
66	Основные критерии хроматографического разделения: эффективность, разрешение и селективность колонки.
67	Проявительный метод в газовой хроматографии. Вид дифференциальной хроматограммы, её основные параметры.
68	Классификация, назначение и основы метода газовой хроматографии. Принципиальная схема газового хроматографа и техника выполнения анализа.
69	Распределительная хроматография. Сущность метода, аппаратное оформление. Бумажная хроматография. Установление химической природы и количества компонентов.
70	Тонкослойная хроматография. Сущность метода, аппаратное оформление. Установление химической природы и количества компонентов.
71	Колоночная адсорбционная хроматография. Опыты М.С.Цвета. Качественная и количественная идентификация разделяемых веществ.
72	Теоретические основы хроматографии. Теория теоретических тарелок.
73	Классификация хроматографических методов анализа в зависимости от способа проведения – элюэнтная, вытеснительная и фронтальная.
74	Классификация хроматографических методов анализа в зависимости от природы подвижной и неподвижной фазы и аппаратного оформления.
75	Сущность процесса хроматографии.
76	Описать принцип люминесцентного анализа. Флуориметрия.
77	Описать принцип рентгенофлуоресцентного анализа.
78	Спектрофотометрическое определение концентрации компонентов в смеси светопоглощающих веществ – анализ смеси двух красителей.
79	Определение железа при помощи сульфосалициловой кислоты.
80	Описать методы определения концентрации (метод калибровочного графика, добавок, сравнения и дифференциальной фотометрии). Преимущества и недостатки каждого метода.
81	Выбор светофильтра. Факторы, влияющие на оптическую плотность. Чувствительность фотометрических методов.
82	Количественный анализ методом молекулярной спектроскопии. Выбор условий фотометрирования однокомпонентных растворов. Пояснить необходимость фотометрирования относительно раствора сравнения и добавки к бесцветным растворам окрашивающих реагентов.
83	Материал оптической аппаратуры, монохроматоры, светофильтры и детекторы.
84	Основные узлы приборов абсорбционной спектроскопии. Перечислить источники излучения для получения спектров в различном диапазоне длин волн.
85	Описать метод молекулярно-абсорбционной фотометрии. Характеристика молекулярных спектров поглощения. ИК и УФ спектроскопия (количественный и качественный анализ этими методами).
86	Описать метод атомно - абсорбционной спектроскопии. Перечислить способы атомизации вещества. Электротермическая атомизация. Пламенно-эмиссионная спектроскопия. Различие между атомно – абсорбционной и пламенно-эмиссионной. Преимущества и недостатки методов.
87	Представить закон Бугера-Ламберта-Бера в линейном и степенном виде. Аддитивность оптической плотности. Связь оптической плотности с пропусканием. Молярный коэффициент поглощения. Ограничения и условия применимости закона.
88	Назвать три спектральные области, в которых изучается поглощение света веществом и соответствующие методы спектроскопии. Избирательное поглощение света веществом. Классификация методов спектроскопии.
89	Сущность процесса взаимодействия вещества с электромагнитным излучением. Представить процесс поглощения света с точки зрения изменения внутренней энергии исследуемого вещества. Дать объяснение понятию «корпускулярно-волновой дуализм».
90	Описать метод кондуктометрического титрования и принцип нахождения точки эквивалентности на примере кислотно-основного титрования. Зависимость формы кривой ВЧТ от частоты генератора.

91	Дать полное выражение общей проводимости ячейки емкостного типа. Активная и реактивная составляющая. Отличие высокочастотных методов от низкочастотных.
92	Представить сущность процесса неконтактного высокочастотного титрования (ВЧТ). Преимущества и недостатки. Типы ячеек, применяемых в высокочастотном титровании.
93	Схема установки для определения электрической проводимости. Константа сосуда. Ток разбаланса моста.
94	Прямая кондуктометрия. Назначение, преимущества и недостатки. Объяснить причину ограниченного применения.
95	Объяснить причину аномально высокой подвижности протона и гидроксил-иона в электрическом поле. Зависимость электрической проводимости от температуры.
96	Влияние концентрации сильных и слабых электролитов на электропроводность. Представить графики зависимости удельной и эквивалентной электропроводности от концентрации сильных и слабых электролитов.
97	Эквивалентная электропроводность при бесконечном разбавлении. Закон независимого движения ионов. Формула Кольрауша – зависимость эквивалентной электропроводности сильных электролитов.
98	Дать понятие удельной, эквивалентной и электропроводности. Представить размерность. Соотношение удельной и эквивалентной электропроводности.
99	Охарактеризовать метод кондуктометрических исследований. Объяснить сущность процесса электропроводности растворов электролитов. Показать связь величины электропроводности раствора электролита и его сопротивления.
100	Практическое применение методов кулонометрического анализа.
101	Представить преимущества кулонометрического анализа (как прямого, так и косвенного) перед классическими методами анализа.
102	Описать способ определения содержания тиосульфата натрия методом кулонометрического титрования. Реакции, описывающие электрохимическое получение реагента и его взаимодействие с определяемым веществом при определении тиосульфата натрия.
103	Описать способ определения содержания кислоты методом кулонометрического титрования. Реакции, описывающие электрохимическое получение реагента и его взаимодействие с определяемым веществом при определении кислот.
104	Основные принципы фиксации конечной точки титрования (точки эквивалентности) в кулонометрии.
105	Условия проведения кулонометрического титрования.
106	Сущность косвенной амперостатической кулонометрии. Способы электрогенерации титранта.
107	Электрогравиметрический анализ. Назначение метода, краткая характеристика.
108	Схема установки для прямой потенциостатической кулонометрии. Химический кулонометр.
109	Определение количества электричества в прямой потенциостатической кулонометрии.
110	Выбор потенциала рабочего электрода в прямой потенциостатической кулонометрии. Дать определение понятию «потенциал выделения вещества».
111	Прямая кулонометрия. Электрохимические реакции, применяемые в прямой кулонометрии.
112	Охарактеризовать методы анализа, основанные на законе Фарадея (прямая/косвенная, амперостатическая/потенциостатическая кулонометрия).
113	Условия проведения кулонометрического анализа.
114	Основные принципы кулонометрических исследований. Описать процесс электрохимического превращения вещества на электроде с использованием закона Фарадея.
115	Охарактеризовать методы измерения ЭДС в потенциометрии (компенсационный и некомпенсационный метод).
116	Преимущества потенциометрического титрования перед классическими методами.
117	Осадительное, комплексонометрическое, окислительно-восстановительное титрование. Основные принципы.
118	Охарактеризовать косвенные методы потенциометрии. Описать принцип потенциометрического титрования на примере кислотно-основного взаимодействия. Индикаторные электроды кислотно-основного титрования.
119	Описать методы определения концентрации в прямой потенциометрии (метод градуировочного графика (+калибровка электрода), концентрационного элемента, добавок и пр.).
120	Привести примеры использования ионометрии.
121	Описать конструкцию и вывести потенциал стеклянного электрода. Перечислить его преимущества и недостатки.
122	Перечислить виды мембранных электродов. Кратко охарактеризовать каждый вид, представить конструкцию.
123	Редокс электроды. Дать определение и вывести потенциал хингидронного электрода.
124	Привести примеры электродов второго рода. Описать конструкцию и вывести потенциал хлорсеребряного электрода.

125	Дать определение функциям электрода сравнения и индикаторного электрода, привести пример каждого. Перечислить требования, предъявляемые к ним.
126	Основные принципы классификации электродов (по назначению, по механизму возникновения потенциала). Обратимые и необратимые электроды. Привести примеры.
127	Представить принцип работы гальванического элемента, его схематическое изображение, процессы и реакции, протекающие на электродах. Принцип расчета ЭДС ячейки.
128	Дать определение стандартного электродного потенциала. Описать конструкцию и назначение стандартного водородного электрода, а также способ измерения стандартного электродного потенциала
129	Описать процесс возникновения потенциала на границе раздела фаз металлический электрод-раствор. Представить уравнение Нернста.
130	Дать определение терминам: электрод, электрохимическая реакция, электрохимическая ячейка (обратить внимание на различия принципа действия гальванического элемента и электролизера). Представить связь гальванического элемента и электролитической ячейки.
131	Охарактеризовать метод потенциометрического анализа (основы метода, главные направления применения). Привести классификацию потенциометрических методов анализа (ионометрия, редоксиметрия и т.д.).
132	Сущность электрохимических методов анализа. Классификация ЭХМА по получаемому аналитическому сигналу.
133	Аккредитованные аналитические лаборатории. Методики выполнения экспериментов.
134	Метрологическое обеспечение анализа.
135	Классификация ФХМА по использованию аналитического сигнала.
136	Классификация ФХМА по физико-химическим свойствам системы.
137	Преимущества и недостатки ФХМА.
138	Схема классического химического анализа. Этапы проведения анализа методами ФХМА.
139	Характеристики аналитического сигнала. Классификация методов аналитической химии по принципу получения аналитического сигнала.
140	Аналитический сигнал. Свойства веществ - интенсивные и экстенсивные. Получение аналитического сигнала.
141	Сущность физико-химических методов анализа. Место ФХМА в структуре химического анализа.

### 5.2.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрено

### 5.2.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

3 семестр.

1. Вычислить молярную концентрацию эквивалента  $H_2SO_4$  и  $T H_2SO_4/CaO$  если  $T H_2SO_4 = 0,004852$  г/мл.

2. Какую навеску янтарной кислоты ( $H_2C_4H_4O_4$ ) следует взять, чтобы после ее растворения в мерной колбе вместимостью 200 см<sup>3</sup>, на титрование 25 см<sup>3</sup> полученного раствора пошло 4,2 см<sup>3</sup> 0,1 н. раствора NaOH?

3. Определить жесткость Н-катионированной воды, используемой для уменьшения зольности целлюлозы, если на титрование 300 см<sup>3</sup> воды затрачено 0,86 см<sup>3</sup> 0,01 н раствора трилона Б

4. Рассчитать окислительно-восстановительный потенциал в точке эквивалентности при титровании 0,1 м раствора  $FeSO_4$  0,1 м раствором  $KMnO_4$  в присутствии  $H_2SO_4$  ( $H^+ = 1$  моль/л) ( $E_{MnO_4^-/Mn^{2+}} = 1,51$  В;  $E_{Fe^{3+}/Fe^{2+}} = 0,77$  В).

5. Определить содержание  $Na_2S$  (г/дм<sup>3</sup>) в белом щелоке сульфатной варки целлюлозы, если 10 см<sup>3</sup> щелока разбавили в колбе 250 см<sup>3</sup>. К 25 см<sup>3</sup> полученного раствора добавили 5,0 см<sup>3</sup> 0,1 н раствора йода и на обратное титрование затратили 1,86 см<sup>3</sup> 0,1 н раствора тиосульфата натрия ( $K = 1,052$ ).

6. Группа студентов была направлена на летнюю практику в лабораторию ГУП «ТЭК СПб». Поскольку руководство предприятия заинтересовано в подборе молодых перспективных специалистов, для проверки навыков студентов и их компетентность им было предложено решить несколько задач. Раствор дихромата калия для определения химического потребления кислорода должен иметь молярную концентрацию эквивалента 0,25 моль/дм<sup>3</sup>. Для определения концентрации  $K_2Cr_2O_7$  титриметрическим методом необходимо обоснованно выбрать индикатор. Что и каким образом необходимо сделать в случае, если данный раствор не имеет нужной концентрации (укрепить, разбавить)?

4 семестр.

7. Выразите оптическую плотность в процентах пропускания: а) 0,064; б) 0,765; в) 0,318; г) 0,209; д) 0,437; е) 0,413

8. При электролизе раствора, содержащего ионы  $Me(III)$  при силе тока 1,0 А за 35 мин. На катоде было выделено 0,3772 г металла. Приняв выход по току равным 100 %, определить, какой это металл

### 5.3 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности)

#### 5.3.1 Условия допуска обучающегося к промежуточной аттестации и порядок ликвидации академической задолженности

Проведение промежуточной аттестации регламентировано локальным нормативным актом СПбГУПТД «Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся»

#### 5.3.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная  Письменная  Компьютерное тестирование  Иная

#### 5.3.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

При проведении экзамена время подготовки к ответу составляет не более 40 мин (на решение кейса - 1 час). В это время входит подготовка ответа на теоретический вопрос и решение практической задачи. Для выполнения практической задачи обучающемуся необходимо иметь при себе калькулятор. Необходимая справочная литература предоставляется.

Студенты, выполнившие все требования текущего контроля, на зачете отвечают на два теоретических вопроса и решают одну практическую задачу. Время на подготовку составляет 30 минут.

Преподаватель вправе задать несколько дополнительных вопросов.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1 Учебная литература

Автор	Заглавие	Издательство	Год издания	Ссылка
<b>6.1.1 Основная учебная литература</b>				
Лысова С. С., Скрипникова Т. А., Зевацкий Ю. Э., Мызников Л. В., Ворона С. В.	Аналитическая химия и физико-химические методы анализа. Электронные спектры и строение органических соединений	Санкт-Петербург: СПбГУПТД	2018	<a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=201871">http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=201871</a>
Громов, Н. В., Таран, О. П.	Аналитическая химия и физико-химические методы анализа. Сборник задач с основами теории и примерами решений	Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет	2018	<a href="http://www.iprbooks.hop.ru/91181.html">http://www.iprbooks.hop.ru/91181.html</a>
Сульдина, Т. И.	Аналитическая химия и физико-химические методы анализа	Саратов: Ай Пи Эр Медиа	2018	<a href="http://www.iprbooks.hop.ru/70757.html">http://www.iprbooks.hop.ru/70757.html</a>
Апарнев, А. И., Казакова, А. А., Александрова, Т. П.	Аналитическая химия и физико-химические методы анализа	Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет	2018	<a href="http://www.iprbooks.hop.ru/91180.html">http://www.iprbooks.hop.ru/91180.html</a>
<b>6.1.2 Дополнительная учебная литература</b>				
Г.Ф. Пругло, А.А. Комиссаренков, В.А. Федоров	Оптические методы анализа [Текст] : учебно-методическое пособие	М-во образования и науки РФ, СПбГТУРП. – СПб.: СПбГТУРП	2010	<a href="http://nizrp.narod.ru/metodoptika.htm">http://nizrp.narod.ru/metodoptika.htm</a>
А.А. Комиссаренков, Г.Ф. Пругло, В.А. Федоров	Потенциометрия [Текст] : учебно-методическое пособие	М-во образования и науки РФ, СПбГТУРП. – СПб.: СПбГТУРП	2013	<a href="http://nizrp.narod.ru/potenz.pdf">http://nizrp.narod.ru/potenz.pdf</a>
И.Н. Дмитриевич	Аналитическая химия и физико-химические методы анализа: оптические методы (вопросы, тесты и ответы): учеб. пособие	М-во науки и высшего образования РФ, С.-Петербург. гос. ун-т пром. технологий и дизайна, Высш. шк. технологии и энергетики. - Санкт-Петербург: ВШТЭ СПбГУПТД	2020	<a href="http://nizrp.narod.ru/metod/kafobshineorgh/1583455919.pdf">http://nizrp.narod.ru/metod/kafobshineorgh/1583455919.pdf</a>
Г.Ф. Пругло, О.В. Федорова, Р. А. Смит	Хроматографические методы анализа [Текст]: учеб. пособие	М-во образования и науки РФ, ВШТЭ СПбГУПТД. - СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД	2017	<a href="http://nizrp.narod.ru/metod/kafobshineorgh/18.pdf">http://nizrp.narod.ru/metod/kafobshineorgh/18.pdf</a>

А.А. Комиссаренков, Г.Ф. Пругло	Кондуктометрия и высокочастотное титрование [Текст] : учебно-методическое пособие	М-во образования и науки РФ, СПбГТУРП. – СПб.: СПбГТУРП	2009	<a href="http://nizrp.narod.ru/Konduktometr.htm">http://nizrp.narod.ru/Konduktometr.htm</a>
О.В. Фёдорова, И.Н. Дмитриевич, О.С. Андранович	Аналитическая химия и физико-химические методы анализа: количественный анализ: метод. указания для проведения лабораторных работ. – 4-е изд., доп. и испр.	М-во науки и высшего образования РФ, С.-Петербург. гос. ун-т пром. технологий и дизайна, Высш. шк. технологии и энергетики. - Санкт-Петербург: ВШТЭ СПбГУПТД	2020	<a href="http://nizrp.narod.ru/metod/kafobshineorgh/1590531987.pdf">http://nizrp.narod.ru/metod/kafobshineorgh/1590531987.pdf</a>

## 6.2 Перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем

Электронно-библиотечная система IPRbooks [Электронный ресурс]. URL: <http://www.iprbookshop.ru/>  
 Электронная библиотека ВШТЭ СПб ГУПТД [Электронный ресурс]. URL: <http://nizrp.narod.ru>  
 Электронно-библиотечная система "Айбукс" [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ibooks.ru/>

## 6.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

MicrosoftWindows 8  
 MicrosoftOfficeProfessional 2013

## 6.4 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Аудитория	Оснащение
Б-316	Вытяжные шкафы, весы аналитические, комплект посуды для количественного анализа и водоподготовки, вакуумный сушильный шкаф, электрические плитки. Специализированная учебная лаборатория ФХМА с необходимым оборудованием: Спектрофотометры и фотоколориметры ФЭК 56-М, КФК-2, КФК-3, Юнико 1201, СФ-2000, рН – метры марки ИПЛ – 301, хроматограф Цвет 100, высокочастотные титраторы, анализатор вольтамперометрический АКВ – 07 МК, прибор для капиллярного электрофореза «Капель 3», установка для проведения процесса ионитного умягчения воды.
Б-306	Вытяжные шкафы, весы аналитические, комплект посуды для количественного анализа и водоподготовки, вакуумный сушильный шкаф, электрические плитки, спектрофотометры и фотоколориметры ФЭК 56-М, КФК-2, КФК-3, Юнико 1201, СФ-2000, рН – метры марки ИПЛ – 301, хроматограф Цвет 100, высокочастотные титраторы, концентратомер КН-1, прибор для капиллярного электрофореза «Капель 3»
Учебная аудитория	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска
Лекционная аудитория	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска