

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра химии и химической технологии

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН МТФ

к.т.н. Янпольский В. В.

“ ____ ” _____ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Физико-химические методы анализа

Образовательная программа: 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии, профиль: Основные процессы химических производств и химическая кибернетика

Курс: 2, семестр : 4

Механико-технологический факультет,

		Семестр
№	Вид деятельности	4
1	Всего зачетных единиц (кредитов)	5
2	Всего часов	180
3	Всего занятий в контактной форме, час.	100
4	Лекции, час.	36
5	Практические занятия, час.	18
6	Лабораторные занятия, час.	36
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	18
8	Аттестация, час.	2
9	Консультации, час.	8
10	Самостоятельная работа, час.	80
11	Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ, подготовка к контрольной работе)	РГЗ контр.
12	Вид аттестации	Э

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

ФГОС введен в действие приказом №227 от 12.03.2015 г. , дата утверждения: 27.03.2015 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1, вариативная

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

ХХТ, протокол заседания кафедры №2/1 от 20.06.2017

Утверждена на совете механико-технологического факультета, протокол № 5 от 21.06.2017

Программу разработал:

доцент, к.х.н. Александрова Т. П.

Заведующий кафедрой:

д.х.н. Уваров Н. Ф.

Ответственный за образовательную программу:

доцент Апарнев А. И.

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Компетенция ФГОС: ОПК.2 способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования; в части следующих результатов обучения:
у1. умеет планировать и проводить химические и физико-химические эксперименты, обрабатывать и интерпретировать их результаты
Компетенция ФГОС: ПК.14 способность применять современные методы исследования технологических процессов и природных сред, использовать компьютерные средства в научно-исследовательской работе; в части следующих результатов обучения:
37. знать теоретические основы и принципы химических и физико-химических методов анализа

2. Требования НГТУ к результатам освоения дисциплины

Таблица 2.1

Результаты изучения дисциплины по уровням освоения (иметь представление, знать, уметь, владеть)	Формы организации занятий
<i>Физико-химические методы анализа</i>	
ОПК.2.у1 умеет планировать и проводить химические и физико-химические эксперименты, обрабатывать и интерпретировать их результаты	
1.о классификации аналитических реактивов, реакций, химических и физико-химических методах анализа веществ	Лекции; Практические занятия
ПК.14.37 знать теоретические основы и принципы химических и физико-химических методов анализа	
2.о природе явлений, в основе которых лежит использование физико-химических методов анализа, их классификации	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ОПК.2.у1 умеет планировать и проводить химические и физико-химические эксперименты, обрабатывать и интерпретировать их результаты	
3.способы выражения концентрации растворов	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ПК.14.37 знать теоретические основы и принципы химических и физико-химических методов анализа	
4.методы количественного и качественного анализа	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
5.методику построения кривых титрования и способы фиксирования точки эквивалентности (Т.Э)	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
6.кисотно-основные и окислительно-восстановительные свойства, способность к химическим соединений комплексообразованию и осаждению	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
7.способы регистрации аналитического сигнала и его связь с составом раствора	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
8.принципы измерения pH, ОВ- потенциала, оптической плотности, показателя преломления, количества электричества, электропроводности раствора, обработки данных хроматографии, полярографии, вольтамперометрии, принципиальные схемы приборов	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ОПК.2.у1 умеет планировать и проводить химические и физико-химические эксперименты, обрабатывать и интерпретировать их результаты	

9.диапазон определяемых концентраций, предел обнаружения веществ, чувствительность методов анализа	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ПК.14.37 знать теоретические основы и принципы химических и физико-химических методов анализа	
10.классифицировать химические и физико-химические методы анализа веществ	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
11.составлять уравнения окислительно-восстановительных реакций, рассчитывать их константу равновесия и определять направление ОВР	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ОПК.2.y1 умеет планировать и проводить химические и физико-химические эксперименты, обрабатывать и интерпретировать их результаты	
12.работать на приборах: фотоколориметре, рефрактометре, рН-метре	Лекции; Лабораторные работы
13.строить и практически использовать градуировочные графики, методы добавок и стандартов	Лекции; Лабораторные работы
14.оценивать погрешности результатов анализа	Лекции; Лабораторные работы
15.работы с аналитической посудой и химическим оборудованием	Лабораторные работы
16.приготовления растворов	Лабораторные работы
17.титрования, измерения рН и потенциалов, определения аналитических сигналов в оптических методах	Лабораторные работы; Самостоятельная работа

3. Содержание и структура учебной дисциплины

Таблица 3.1

Темы лекций	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения
Семестр: 4			
Дидактическая единица: Спектроскопические методы анализа			
1. Содержание курса. Классификация физико-химических методов анализа, их особенности, области применения и краткая характеристика.	0	2	1, 2
2. Оптические методы анализа. Молекулярно-абсорбционный спектральный анализ. Происхождение молекулярных спектров поглощения. Основной закон светопоглощения. Спектр поглощения. Оптическая плотность. Качественный и количественный анализ по спектрам поглощения. Методы определения концентрации веществ: метод градуировочного графика, метод добавок, метод сравнения со стандартом, метод определения концентрации по значению молярного коэффициента поглощения. Анализ смеси окрашенных веществ. Выбор толщины слоя, длины волны и светофильтра. Чувствительность и точность фотоколориметрического метода анализа.	0	6	10, 12, 13, 14, 2, 4, 7, 8, 9
3. ИК-спектроскопия, основы метода, качественный анализ. Атомно-абсорб-ционный и эмиссионный спектральный анализ, теоретические основы методов, области применения, принципиальные схемы спектрометров.	0	4	13, 14, 2, 4, 7, 8, 9
4. Эмиссионный спектральный анализ. Теоретические основы метода, области применения	0	2	2, 4, 7
5. Рефрактометрический метод анализа. Явление полного внутреннего отражения света. Молярная и удельная рефракция. Уравнение Лоренца-Лорентца. Качественный и количественный анализ. Схема рефрактометра.	0	2	10, 12, 13, 2, 4, 7, 8, 9

Дидактическая единица: Электрохимические методы анализа			
6. Электрохимические методы анализа. Потенциометрия. Электродный потенциал, уравнение Нернста, гальванический элемент. Индикаторные электроды и электроды сравнения. Прямая потенциометрия, определение pH. Потенциометрическое титрование. Расчет кривых потенциометрического титрования. Кислотно-основное, окислительно-восстановительное титрование, титрование по методу осаждения и комплексообразования, используемые электроды и техника выполнения анализа.	0	4	11, 12, 13, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8
7. Кондуктометрический метод анализа. Удельная и эквивалентная электропроводность. Кондуктометрическое титрование, типы кривых титрования. Определение Т.Э. Аппаратура и техника выполнения.	0	2	10, 13, 2, 4, 5, 7, 8, 9
8. Кулонометрические методы анализа. Законы Фарадея. Способы измерения количества электричества. Гальваностатическая и потенциостатическая кулонометрия. Кулонометрическое титрование.	0	2	10, 11, 14, 2, 4, 5, 7, 8, 9
9. Полярографический метод анализа. Полярографическая волна, предельный диффузионный ток, потенциал полуволны. Качественный и количественный полярографический анализ. Амперометрическое титрование. Типы кривых титрования. Аналитические возможности метода. Вольтамперометрические методы анализа. Инверсионная вольтамперометрия.	0	6	10, 13, 2, 4, 7, 8, 9
Дидактическая единица: Хроматографические методы анализа			
10. Хроматографические методы анализа, их классификация по агрегатному состоянию, механизму распределения, способу проведения процесса. Адсорбционная хроматография. Изотерма Ленгмюра. Адсорбенты, подвижные фазы. Получение и анализ хроматограмм. Время удерживания, удерживаемый объем. Анализ газов и жидкостей. Распределительная хроматография. Коэффициент распределения. Бумажная и тонкослойная хроматография. Коэффициент пробега R. Ионообменная хроматография. Иониты, обменная емкость (статическая и динамическая). Ряды сорбируемости. Коэффициент распределения и фактор разделения ионов. Осадочная хроматография. Способы проведения процесса. Высота зоны, высота пика. Аппаратура, применяемая в хроматографии, детекторы для фиксирования изменения состава выходящей из колонки смеси.	0	6	10, 2, 3, 4, 7, 8, 9

Таблица 3.2

Темы лабораторных работ	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 4				
Дидактическая единица: Спектроскопические методы анализа				

1. Фотоколориметрический анализ. 1. Определение Fe(III) и Cu(II) в растворах методом калибровочного графика.	0	4	12, 13, 14, 15, 16, 17, 2, 3, 4, 7, 8, 9	1. Оформляет результаты эксперимента на языке символов (уравнение реакции и качественный признак). 2. Готовят стандартные растворы, измеряют оптическую плотность растворов и строят график $A=f(c)$. 3. Определяет концентрацию веществ по графику $A=f(c)$. 4. Обобщает результаты по определенным критериям.
2. 1.Определение Fe(III) фотоколориметрическим методом анализа 2. Определение хрома в виде дихромат-иона	0	4	12, 13, 14, 15, 16, 17, 2, 7, 8	1.1 Готовит стандартные растворы железа и хрома. 2. Определяет расчетным и графическим способом содержание железа методом добавок. 3. Устанавливает концентрацию хрома(III) методом сравнения с эталоном. 4. Обобщает результаты по определенным критериям.
3. Рефрактометрический метод анализа.	0	4	12, 13, 15, 16, 17, 2, 4, 7, 8	1. Определяет показатели преломления воды и растворов анализируемых веществ. 2. Определяет удельные рефракции и рассчитывает концентрации уксусной кислоты. 3. По калибровочному графику определяет концентрации сахарозы и хлорида натрия. 4. Оформляет результаты в виде графиков, таблиц.
Дидактическая единица: Электрохимические методы анализа				
4. Ионметрия. 1.Определение pH растворов. 2. Определение нитрат-ионов в технологических растворах..	0	4	12, 14, 15, 16, 17, 2, 3, 4, 7, 8, 9	Настраивает pH-метр по буферным растворам. 2. Выбирает соответствующие электроды. 3. Измеряет pH растворов. 4. Готовит стандартные растворы нитрат-иона, измеряет E и строит градуировочный график $E=f(\lg c)$. 5. Определяет по графику концентрацию нитрат-ионов 6. Обобщает результаты по определенным критериям

5. Потенциометрический метода анализа. 1. Потенциометрическое титрование кислоты щелочью. 2. Определение соляной и фосфорной кислот в их смеси 3. Определение Fe(II) в растворе соли Мора.	0	4	11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9	1. Настраивает рН-метр по буферным растворам. 2. Выбирает соответствующие электроды. 3. Проводит титрование кислоты щелочью; и титрование растворов определяемых веществ 4. Оформляет результаты в виде графиков и таблиц 5. Определяет Т.Э. 6. Рассчитывает концентрацию и массу веществ.
6. Определение соляной и фосфорной кислот в их смеси	0	4	12, 15, 16, 17, 2, 3, 5, 6, 7, 8	1. Настраивает рН-метр по буферным растворам. 2. Выбирает соответствующие электроды. 3. Проводит титрование смеси кислот щелочью 4. Оформляет результаты в виде графиков и таблиц 5. Определяет Т.Э. 6. Рассчитывает содержание кислот в смеси
7. Определение константы гидролиза соли и константы кислотности уксусной кислоты потенциометрическим методом.	0	4	12, 13, 15, 16, 17, 7, 8	1. Проводит потенциометрическое титрование растворов ацетата натрия и уксусной кислоты 2. Оформляет результаты в виде графиков и таблиц. 3. Определяет Т.Э. 4. Рассчитывает константы гидролиза соли и константы кислотности уксусной кислоты
Дидактическая единица: Хроматографические методы анализа				
8. Хроматографический метод анализа. 1. Хроматографическое разделение смеси катионов. 2. Умягчение жесткой воды методом ионообменной хроматографии.	0	4	15, 2, 4, 7	1. Классифицирует методы разделения по механизму адсорбции. 2. Хроматографирует смесь катионов и делает вывод об их присутствии в исследуемом растворе. 3. Хроматографирует смесь на колонке с катионнообменником в Н-форме. 4. Оформляет результаты эксперимента на языке символов (уравнение реакции, ее признак, значение рН).

9. Определение CH_3COOH , CH_3COONa и NaCl в их смеси методом ионообменной хроматографии.	0	4	10, 12, 15, 16, 2, 7, 9	1. Классифицирует методы разделения по механизму адсорбции. 2. Хроматографирует смесь на колонке с катионнообменником в Н-форме. 4. Определяет потенциометрически содержание кислот в элюате и исходном растворе. 5. Оформляет результаты эксперимента на языке символов (уравнение реакции, ее признак, значение pH).
--	---	---	-------------------------	---

Таблица 3.3

Темы практических занятий	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 4				
Дидактическая единица: Спектроскопические методы анализа				
1. Основной закон светопоглощения. Качественный и количественный анализ по спектрам поглощения. Определение концентрации веществ методом градуировочного графика, методом добавок, методом сравнения со стандартом. Анализ смеси окрашенных веществ.	4	4	3, 9	
2. Молярная и удельная рефракция. Уравнение Лоренца-Лорентца. Качественный и количественный анализ.	2	2	10, 3, 4, 7	
3. Атомно-абсорбционный и эмиссионный спектральные анализы. Количественный и качественный анализ.	2	2	3, 4, 7, 9	
Дидактическая единица: Электрохимические методы анализа				
4. Гальванический элемент, уравнение Нернста, расчет pH, потенциометрическое титрование	4	4	11, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9	
5. Удельная и эквивалентная электропроводность. Кондуктометрическое титрование, кривых титрования. Законы Фарадея. Гальваностатическая и потенциостатическая кулонометрия. Кулонометрическое титрование.	2	2	3, 5, 7	
6. Полярография. Методы определения концентрации.	2	2	3, 4, 7, 9	
Дидактическая единица: Хроматографические методы анализа				

7. Адсорбционная и ионнообменная хроматография. Качественный и количественный анализ.	2	2	1, 3, 4, 7, 9	
---	---	---	---------------	--

4. Самостоятельная работа обучающегося

№	Виды самостоятельной работы	Ссылки на результаты обучения	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 4				
1	Контрольные работы	10, 11, 2, 3, 4, 5, 7, 8	14	2
Контрольная работа проводится в письменной форме, проводится в аудиторное время (время выполнения 60 мин), после проверки защищается собеседованием с преподавателем: Александрова Т. П. Физико-химические методы анализа : [учебное пособие для всех форм обучения по техническим направлениям и специальностям] / Т. П. Александрова, А. И. Апарнев, А. А. Казакова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2014. - 87, [2] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000190352 Аналитическая химия и физико-химические методы анализа [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / А. И. Апарнев, Т. П. Александрова, А. А. Казакова, О. В. Карунина ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2015]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000216524 . - Загл. с экрана.				
2	РГЗ	11, 17, 6, 7	10	2
1. рассчитывает потенциал индикаторного электрода относительно электрода сравнения в 9 точках 2. строит график зависимости $E=f(V \text{ титранта})$ 3. по графику определяет скачок E на кривой титрования 5. обосновывает выбор индикатора: Александрова Т. П. Физико-химические методы анализа : [учебное пособие для всех форм обучения по техническим направлениям и специальностям] / Т. П. Александрова, А. И. Апарнев, А. А. Казакова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2014. - 87, [2] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000190352 Аналитическая химия и физико-химические методы анализа [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / А. И. Апарнев, Т. П. Александрова, А. А. Казакова, О. В. Карунина ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2015]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000216524 . - Загл. с экрана.				
3	Подготовка к занятиям	10, 11, 3, 4, 7, 9	27	1
Задания ориентированы на тематику лабораторных работ и служат для проработки теории к отдельным темам курса. Студент должен ознакомиться с рекомендуемой учебно-методической литературой, кратко описать теорию по теме эксперимента в рабочем журнале и сформулировать ответы на поставленные в лабораторной работе вопросы домашнего задания. Индивидуальные домашние задания выполняются согласно методическим рекомендациям: Физико-химические методы анализа : [учебное пособие для всех форм обучения по техническим направлениям и специальностям] / Т. П. Александрова, А. И. Апарнев, А. А. Казакова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2014. - 87, [2] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000190352 : Александрова Т. П. Физико-химические методы анализа : [учебное пособие для всех форм обучения по техническим направлениям и специальностям] / Т. П. Александрова, А. И. Апарнев, А. А. Казакова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2014. - 87, [2] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000190352 Аналитическая химия и физико-химические методы анализа [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / А. И. Апарнев, Т. П. Александрова, А. А. Казакова, О. В. Карунина ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2015]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000216524 . - Загл. с экрана.				
4	Подготовка к аттестации	10, 11, 3, 4, 6	29	3

При подготовке к экзамену студент самостоятельно знакомится с лекционным материалом, основной и дополнительной литературой: Александрова Т. П. Физико-химические методы анализа : [учебное пособие для всех форм обучения по техническим направлениям и специальностям] / Т. П. Александрова, А. И. Апарнев, А. А. Казакова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2014. - 87, [2] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000190352 Аналитическая химия и физико-химические методы анализа [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / А. И. Апарнев, Т. П. Александрова, А. А. Казакова, О. В. Карунина ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2015]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000216524. - Загл. с экрана.

5. Технология обучения

Для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Деятельность	Информационно-коммуникационные технологии
Информирование	e-mail; Портал НГТУ; ЭБС
Консультирование	Среда электронного обучения НГТУ; ЭБС
Контроль	Среда электронного обучения НГТУ
Размещение учебных материалов	ЭБС

Таблица 5.2

Активные и интерактивные формы проведения занятий

№	Наименование активных форм
1	Дискуссия
Краткое описание применения: Совместное аргументированное обсуждение спорного вопроса	

6. Правила аттестации обучающихся по учебной дисциплине

Для аттестации обучающихся по дисциплине используется балльно-рейтинговая система (БРС), позволяющая выставять оценки по традиционной шкале и 15-уровневой ECTS. Краткая информация о БРС приведена в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Оцениваемые виды деятельности обучающихся	Мин. балл	Максимальный балл
Семестр: 4		
Лабораторная:	15	30
Контролирующие материалы приводятся в "Аналитическая химия и физико-химические методы анализа [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / А. И. Апарнев, Т. П. Александрова, А. А. Казакова, О. В. Карунина ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2015]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000216524 . - Загл. с экрана."		
Контрольные работы:	5	10
Контролирующие материалы приводятся в "Александрова Т. П. Физико-химические методы анализа : [учебное пособие для всех форм обучения по техническим направлениям и специальностям] / Т. П. Александрова, А. И. Апарнев, А. А. Казакова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2014. - 87, [2] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000190352 "		
РГЗ:	10	20
Контролирующие материалы приводятся в "Александрова Т. П. Физико-химические методы анализа : [учебное пособие для всех форм обучения по техническим направлениям и специальностям] / Т. П. Александрова, А. И. Апарнев, А. А. Казакова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2014. - 87, [2] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000190352 "		

Экзамен:	20	40
Контролирующие материалы приводятся в "Александрова Т. П. Физико-химические методы анализа : [учебное пособие для всех форм обучения по техническим направлениям и специальностям] / Т. П. Александрова, А. И. Апарнев, А. А. Казакова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2014. - 87, [2] с. : ил., табл. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000190352 "		

В таблице 6.2 представлено соответствие форм контроля заявляемым требованиям к результатам освоения дисциплины.

Таблица 6.2

Коды компетенций ФГОС	Результаты обучения	Формы контроля			
		Защита Л/Р	Контр. раб.	Защита РГЗ	Экзамен
ОПК.2	у1. умеет планировать и проводить химические и физико-химические эксперименты, обрабатывать и интерпретировать их результаты	+	+		+
ПК.14	з7. знать теоретические основы и принципы химических и физико-химических методов анализа	+	+	+	+

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении № 1 к рабочей программе.

7. Литература

Основная литература

1. Цитович И. К. Курс аналитической химии : учебник / И. К. Цитович. - СПб., 2007. - 494, [1] с. : ил.
2. Физико-химические методы анализа [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / Т. П. Александрова, А. И. Апарнев, А. А. Казакова, О. В. Карунина ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2016]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000228740. - Загл. с экрана.
3. Физико-химические методы анализа: Лабораторный практикум/Лупенко Г.К., Апарнев А.И., Александрова Т.П. и др. - Новосиб.: НГТУ, 2010. - 87 с.: ISBN 978-5-7782-1543-6 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=546598> - Загл. с экрана.
4. Основы аналитической химии. В 2 т.. Т. 2 : [учебник для химического направления и химических специальностей вузов / Н. В. Алов и др.] ; под ред. Ю. А. Золотова. - М., 2010. - 407, [1] с. : ил., схемы, граф.
5. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа. В 2 т.. Т. 2 : [учебник для вузов по химико-технологическим направлениям и специальностям / Н. В. Алов] ; под ред. А. А. Ищенко. - М., 2010. - 411, [1] с. : ил., граф., табл.

Дополнительная литература

1. Васильев В. П. Аналитическая химия. В 2 кн.. Кн. 2 : [учебник для вузов по химико-технологическим специальностям] / В. П. Васильев. - М., 2002. - 383 с. : ил.

Интернет-ресурсы

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>
2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>
3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>
4. ЭБС "Znanium.com" : <http://znanium.com/>
5. :

8. Методическое и программное обеспечение

8.1 Методическое обеспечение

1. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / А. И. Апарнев, Т. П. Александрова, А. А. Казакова, О. В. Карунина ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2015]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000216524. - Загл. с экрана.
2. Александрова Т. П. Физико-химические методы анализа : [учебное пособие для всех форм обучения по техническим направлениям и специальностям] / Т. П. Александрова, А. И. Апарнев, А. А. Казакова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2014. - 87, [2] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000190352

8.2 Специализированное программное обеспечение

1 MathCAD

2 Microsoft Office

9. Материально-техническое обеспечение

Лабораторный стенд

№	Наименование	Назначение
1	рН-метр рН-150М	Используется при выполнении лабораторных работ №5,6,7
2	Рефрактометр ИРФ-454Б2М	Используется при выполнении лабораторной работы №3
3	Спектрофотометр Экохим ПЭ-5300ВИ	Используется при выполнении лабораторных работ № 1,2

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра химии и химической технологии

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН МТФ
к.т.н., доцент В.В. Янпольский
“ ” _____ Г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Физико-химические методы анализа

Образовательная программа: 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии, профиль: Основные процессы химических производств и химическая кибернетика

1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине **Физико-химические методы анализа** приведена в Таблице.

Таблица

Формируемые компетенции	Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)	Темы	Этапы оценки компетенций	
			Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.)	Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)
ОПК.2 способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	у1. умеет планировать и проводить химические и физико-химические эксперименты, обрабатывать и интерпретировать их результаты	1.Оптические методы анализа. Молекулярно-абсорбционный спектральный анализ. Происхождение молекулярных спектров поглощения. Основной закон светопоглощения. Спектр поглощения. Оптическая плотность. Качественный и количественный анализ по спектрам поглощения. Методы определения концентрации веществ: метод градуировочного графика, метод добавок, метод сравнения со стандартом, метод определения концентрации по значению молярного коэффициента поглощения. Анализ смеси окрашенных веществ. Выбор толщины слоя, длины волны и светофильтра. Чувствительность и точность фотоколориметрического метода анализа. ИК-спектроскопия, основы метода, качественный анализ.	Отчет по лабораторной работе №1-2	Экзамен, задание 4, (вопросы. № 70-75)
		2.Рефрактометрический метод анализа. Молярная и удельная рефракция. Уравнение Лоренца-Лорентца. Качественный и количественный анализ.	Отчет по лабораторной работе №3	Экзамен, задание 3, (вопросы. № 67-69)
		3.Гальванический элемент, уравнение Нернста, расчет рН, потенциометрическое титрование Ионометрия. Электродный потенциал, уравнение Нернста, гальванический элемент. Индикаторные электроды и электроды сравнения. Прямая потенциометрия, определение рН.Потенциометрическое титрование. Расчет кривых потенциометрического титрования. Кислотно-основное, окислительно-восстановительное титрование, титрование по	РГЗ, отчет по лабораторной работе № 4-7	Экзамен, задание 3, (вопросы. № 50-57)

		методу осаждения и комплексообразования, используемые электроды и техника выполнения анализа. 5.Кондуктометрический метод анализа. Удельная и эквивалентная электропроводность. Кондуктометрическое титрование, типы кривых титрования. Определение Т.Э. Аппаратура и техника выполнения. 6.Кулонометрические методы анализа. Законы Фарадея. Способы измерения количества электричества. Гальваностатическая и потенциостатическая кулонометрия. Кулонометрическое титрование. 7.Полярографический метод анализа. Полярографическая волна, предельный диффузионный ток, потенциал полуволны. Качественный и количественный полярографический анализ. Амперометрическое титрование. Типы кривых титрования. Аналитические возможности метода. Вольтамперометрические методы анализа. Инверсионная вольтамперометрия. 8.Хроматографические методы анализа, их классификация по агрегатному состоянию, механизму распределения, способу проведения процесса. Адсорбционная хроматография. Изотерма Лэнгмюра. Адсорбенты, подвижные фазы. Получение и анализ хроматограмм. Время удерживания, удерживаемый объем. Анализ газов и жидкостей. Распределительная хроматография. Коэффициент распределения. Бумажная и тонкослойная хроматография. Коэффициент пробега R. Ионообменная хроматография. Иониты, обменная емкость (статическая и динамическая). Ряды сорбируемости. Коэффициент распределения и фактор разделения ионов. Осадочная хроматография. Способы проведения		Экзамен, задание 3, (вопрос № 58) Экзамен, задание 3, (вопросы. № 59-63) Экзамен, задание 3, (вопросы. № 64-66) Отчет по лабораторной работе № 7-8 Экзамен, задание 2, (вопросы. № 75-80)
--	--	---	--	--

		процесса. Высота зоны, высота пика. Аппаратура, применяемая в хроматографии, детекторы для фиксации изменения состава выходящей из колонки смеси.		
ПК.14/НИ способность применять современные методы исследования технологических процессов и природных сред, использовать компьютерные средства в научно-исследовательской работе	37. знать теоретические основы и принципы химических и физико-химических методов анализа	1. Оптические методы анализа. Молекулярно-абсорбционный спектральный анализ. Происхождение молекулярных спектров поглощения. Основной закон светопоглощения. Спектр поглощения. Оптическая плотность. Качественный и количественный анализ по спектрам поглощения. Методы определения концентрации веществ: метод градуировочного графика, метод добавок, метод сравнения со стандартом, метод определения концентрации по значению молярного коэффициента поглощения. Анализ смеси окрашенных веществ. Выбор толщины слоя, длины волны и светофильтра. Чувствительность и точность фотоколориметрического метода анализа. ИК-спектроскопия, основы метода, качественный анализ. 2. Рефрактометрический метод анализа. Молярная и удельная рефракция. Уравнение Лоренца-Лорентца. Качественный и количественный анализ. 3. Атомно-абсорбционный и эмиссионный спектральный анализ, теоретические основы методов, области применения, принципиальные схемы спектрометров. Количественный и качественный анализ. 4. Гальванический элемент, уравнение Нернста, расчет pH, потенциометрическое титрование Ионметрия. Электродный потенциал, уравнение Нернста, гальванический элемент. Индикаторные электроды и электроды сравнения. Прямая потенциометрия, определение pH. Потенциометрическое титрование. Расчет кривых потенциометрического титрования. Кислотно-	Отчет по лабораторной работе №1-2 Отчет по лабораторной работе № 3 РГЗ , отчет по лабораторной работе № 4-7	Экзамен, задание 1 (вопросы. № 1-10) Экзамен, задание 1 (вопросы. № 13-18) Экзамен, задание 1 (вопросы. № 11-12) Экзамен, задание 2 (вопросы. № 19-25)

		основное, окислительно-восстановительное титрование, титрование по методу осаждения и комплексообразования, используемые электроды и техника выполнения анализа. 5.Кондуктометрический метод анализа. Удельная и эквивалентная электропроводность. Кондуктометрическое титрование, типы кривых титрования. Определение Т.Э. Аппаратура и техника выполнения. 6.Кулонометрические методы анализа. Законы Фарадея. Способы измерения количества электричества. Гальваностатическая и потенциостатическая кулонометрия. Кулонометрическое титрование. 7.Полярографический метод анализа. Полярографическая волна, предельный диффузионный ток, потенциал полуволны. Качественный и количественный полярографический анализ. Амперометрическое титрование. Типы кривых титрования. Аналитические возможности метода. Вольтамперометрические методы анализа. Инверсионная вольтамперометрия. 8.Хроматографические методы анализа, их классификация по агрегатному состоянию, механизму распределения, способу проведения процесса. Адсорбционная хроматография. Изотерма Лэнгмюра. Адсорбенты, подвижные фазы. Получение и анализ хроматограмм. Время удерживания, удерживаемый объем. Анализ газов и жидкостей. Распределительная хроматография. Коэффициент распределения. Бумажная и тонкослойная хроматография. Коэффициент пробега R. Ионообменная хроматография. Иониты, обменная емкость (статическая и динамическая). Ряды сорбируемости. Коэффициент распределения и	Контрольная работа, задание 1 Контрольная работа, задания 2,3 Контрольная работа, задания 4,5 Отчет по лабораторной работе № 8-9	Экзамен, задание 2 (вопросы.№ 26-27) Экзамен, задание 2 (вопросы.№ 28-32) Экзамен, задание 2 (вопросы.№ 34-38) Экзамен, задание 1 (вопросы.№ 39-49)
--	--	---	--	---

		фактор разделения ионов. Осадочная хроматография. Способы проведения процесса. Высота зоны, высота пика. Аппаратура, применяемая в хроматографии, детекторы для фиксации изменения состава выходящей из колонки смеси.		
--	--	--	--	--

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по **дисциплине** проводится в 4 семестре - в форме экзамена, который направлен на оценку сформированности компетенций ОПК.2, ПК.14/НИ.

Экзамен проводится в устной форме по билетам, форма экзаменационного билета, диапазон вопросов и заданий к ним, а также критерии оценки приведены в паспорте экзаменационного билета.

Кроме того, сформированность компетенций проверяется при проведении мероприятий текущего контроля, указанных в таблице раздела 1.

В 4 семестре обязательным этапом текущей аттестации являются расчетно-графическое задание (РГЗ), контрольная работа, отчеты по лабораторной работе. Требования к выполнению РГЗ, контрольной работы, лабораторных работ, состав и правила оценки сформулированы в паспорте РГЗ, контрольной работы, приложения 1.

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе учебной дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенций ОПК.2, ПК.14/НИ, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

Общая характеристика уровней освоения компетенций.

Ниже порогового. Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками.

Пороговый. Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

Базовый. Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

Продвинутый. Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

Паспорт экзамена

по дисциплине «Физико-химические методы анализа», 4 семестр

1. Методика оценки

Экзамен проводится в устной форме, по билетам. Билет формируется по следующему правилу: первый вопрос выбирается из диапазона вопросов 1-18, 39-49, второй вопрос из диапазона вопросов 19-38, третий вопрос из диапазона вопросов 50-66, четвертый вопрос из диапазона вопросов 67-80 (список вопросов приведен ниже). В ходе экзамена преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

Оцениваемыми параметрами при выполнении заданий является знание теоретического материала и умение применять его для решения конкретных задач и заданий.

Каждое задание экзаменационного билета оценивается от 5 до 10 баллов.

Форма экзаменационного билета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет МТФ

Билет № _____

к экзамену по дисциплине «Физико-химические методы анализа»

1. Атомно-абсорбционный метод анализа: сущность метода, атомизаторы, источники излучения, монохроматоры, светоприемники.

2. Законы Фарадея. Способы измерения количества электричества.

3. Рассчитайте потенциал водородного электрода, погруженного в 0,05 М раствор NH_4OH ($K = 1,76 \cdot 10^{-5}$). Составьте электрохимическую схему гальванического элемента для измерения данного потенциала, напишите процессы на электродах.

4. Для определения никеля с диметилглиоксимом навеску стали растворяют и разбавляют раствор до 100,00 мл. 5 мл раствора помещают в колбу на 50,00 мл, добавляют необходимые реактивы, разбавляют водой до метки и фотометрируют при $l = 1,0$ см, $\lambda = 470$ нм ($\epsilon = 1,3 \cdot 10^4$). Вычислить массу навески стали для анализа, если оптимальное значение оптической плотности 0,435 и массовая доля никеля в стали равна 0,5%.

Утверждаю: зав. кафедрой _____ должность, ФИО
(подпись)

(дата)

2. Критерии оценки

- Ответ на экзаменационный билет считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать

причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает принципиальные ошибки, оценка составляет менее 20 баллов.

- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает определение основных понятий, может показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает непринципиальные ошибки, например, вычислительные, оценка составляет 20-24 балла.
- Ответ на экзаменационный билет (тест) билет засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопросы формулирует основные понятия, законы, дает характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, может представить качественные характеристики процессов, не допускает ошибок при решении задачи, оценка составляет 25-30 баллов.
- Ответ на экзаменационный билет (тест) билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент при ответе на вопросы проводит сравнительный анализ подходов, проводит комплексный анализ, выявляет проблемы, предлагает механизмы решения, способен представить количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры из практики, не допускает ошибок и способен обосновать выбор метода решения задачи, оценка составляет 36-40 баллов.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине экзаменационные баллы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

Общая оценка по дисциплине складывается из оценки за экзамен (минимум 20 баллов, максимум 40 баллов) и суммы текущих оценок за семестр по балльно-рейтинговой системе (минимум 30 баллов, максимум 60 баллов). Соответствие баллов с традиционной оценкой и оценкой ECTS представлено в таблице ниже.

98-100	93-97	90-92	87-89	83-86	80-82	77-79	73-76	70-72	67-69	63-66	60-62	50-59	25-49	0-24
A+	A	A-	B+	B	B-	C+	C	C-	D+	D	D-	E	FX	F
отлично				хорошо				удовлетворительно				неудовлетворительно		

4. Вопросы к экзамену по дисциплине «Физико-химические методы анализа»

1. Классификация оптических методов анализа по изучаемым объектам, по характеру взаимодействия с электромагнитным излучением, по природе энергетических переходов.
2. Молекулярно-абсорбционный спектральный анализ. Происхождение молекулярных спектров поглощения.
3. Спектр поглощения света, его характеристики. Качественный и количественный анализ по спектрам поглощения
4. Сущность фотокolorиметрического метода анализа. Выбор оптимальных условий определения в фотокolorиметрическом методе анализа.
5. Основной закон светопоглощения.
6. Методы определения концентрации веществ: метод градуировочного графика, метод добавок, метод сравнения со стандартом, метод определения концентрации по значению молярного коэффициента поглощения.
7. Анализ смеси окрашенных веществ фотокolorиметрическим методом анализа.
8. Дифференциальная фотокolorиметрия.
9. Чувствительность и точность фотокolorиметрического метода анализа
10. ИК-спектроскопия, основы метода, качественный анализ.
11. Атомно-абсорбционный метод анализа: сущность метода, атомизаторы, источники излучения, монохроматоры, светоприемники

12. Эмиссионный спектральный анализ, теоретические основы методов, области применения.
13. Рефрактометрический метод анализа. Поляризация деформации, электронная и атомная поляризация, поляризация ориентации
14. Показатель преломления, его физический смысл, факторы, влияющие на его величину.
15. Молярная и удельная рефракция. Уравнение Лоренца-Лорентца.
16. Явление полного внутреннего отражения. Предельные углы падения и преломления.
17. Рефрактометрия: качественный и количественный анализ веществ.
18. Аддитивность рефракции. Использование правила аддитивности.
19. Классификация электрохимических методов анализа по измеряемому параметру.
20. Электродный потенциал, уравнение Нернста, гальванический элемент.
21. Электроды I рода, II рода, ионоселективные электроды (примеры электродов, схематическое обозначение, электродная реакция, расчет потенциала)
22. Ионоселективные электроды. Стекланный электрод.
23. Прямая потенциометрия, определение pH раствора.
24. Потенциометрическое титрование.
25. Виды потенциометрического титрования (кисотно-основное, окислительно-восстановительное, титрование по методу осаждения и комплексообразования), используемые электроды и техника выполнения анализа.
26. Электрическая проводимость, эквивалентная и удельная электропроводность. Факторы, влияющие на электропроводность.
27. Прямая кондуктометрия и кондуктометрическое титрование. Кривые титрования (привести примеры).
28. Законы Фарадея. Электрохимический эквивалент.
29. Способы измерения количества электричества.
30. Устройство и принцип действия гравиметрических, газовых и титрационных кулометров.
31. Гальваностатическая и потенциостатическая кулонометрия.
32. Кулонометрическое титрование. Примеры кулонометрического титрования.
33. Сущность полярографического метода анализа.
34. Полярографическая волна, предельный диффузионный ток, потенциал полуволны.
35. Качественный и количественный полярографический анализ.
36. Вольтамперометрические методы анализа. Вольтамперная кривая, ее характеристики.
37. Инверсионная вольтамперометрия.
38. Амперометрическое титрование, примеры титрования с указанием кривой титрования, РВ, ОВ, индикаторного электрода, электрода сравнения, написать уравнения реакций.
39. Хроматографические методы анализа, их классификация по агрегатному состоянию, механизму распределения, способу проведения процесса
40. Адсорбционная хроматография. Закон адсорбционного замещения М.С. Цвета.
41. Изотермы Легмюра и Фрейндлиха.
42. Хроматограмма, ее основные характеристики
43. Качественный и количественный хроматографический анализ (методы: абсолютной калибровки, внутренней нормализации, внутреннего стандарта).
44. Колоночная распределительная хроматография. Коэффициент распределения, фактор разделения.
45. Бумажная и тонкослойная хроматография: подвижная и неподвижная фазы,

получение и расшифровка хроматограммы, качественный и количественный анализ.

46. Ионообменная хроматография: классификация и свойства ионитов, уравнения ионного обмена, подвижные и неподвижные фазы.

47. Обменная емкость ионита: СОВ, ДОВ, ПДОВ. В каких условиях ее измеряют. Формулы для расчета всех видов обменной емкости.

48. Умягчение жесткой воды методом ионно-обменной хроматографии.

49. Осадочная хроматография. (примеры)

50. Рассчитайте потенциал кадмиевого электрода, погруженного в 200 мл раствора нитрата кадмия, содержащего 3,36 г соли $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ при температуре 18°C относительно стандартного водородного электрода. Составьте электрохимическую схему гальванического элемента для измерения данного потенциала, запишите процессы на электродах.

51. Рассчитайте потенциал водородного электрода, погруженного в 0,05 М раствор NH_4OH ($K = 1,76 \cdot 10^{-5}$). Составьте электрохимическую схему гальванического элемента для измерения данного потенциала, напишите процессы на электродах.

52. Рассчитайте рН раствора хлорида аммония, если напряжение гальванического элемента, составленного из стеклянного ($E^0 = -0,3 \text{ В}$) и каломельного электродов ($E_{\text{калом.эл-да}} = 0,282 \text{ В}$), равно 0,24 В. Составьте электрохимическую схему гальванического элемента, напишите процессы на электродах.

53. Определите потенциал серебряного электрода в растворе KBr в момент, когда оттитровано 60% KBr (исходная $C(\text{KBr}) = 0,1 \text{ моль/л}$). Составьте электрохимическую схему гальванического элемента для измерения данного потенциала, напишите процессы на электродах.

54. Рассчитайте потенциал платинового электрода, погруженного в раствор, содержащий 0,01 моль нитрата калия и 4,5 г нитрита калия в 100 мл раствора относительно каломельного электрода ($E_{\text{калом.эл-да}} = 0,282 \text{ В}$). Составьте электрохимическую схему гальванического элемента для измерения данного потенциала, запишите процессы на электродах.

55. Рассчитайте окислительно-восстановительный потенциал системы $\text{Sn}^{2+}/\text{Sn}^{4+}$ в момент, когда оттитровано 30% Sn^{2+} (исходная $C(\text{Sn}^{2+}) = 0,5 \text{ моль/л}$). Составьте электрохимическую схему гальванического элемента для измерения данного потенциала, напишите процессы на электродах.

56. Рассчитайте концентрацию раствора FeCl_2 , если напряжение гальванического элемента, состоящего из железного и хлорсеребряного электродов ($E_{\text{хлорсер.эл-да}} = 0,204 \text{ В}$), равно 0,68 В. Составьте электрохимическую схему гальванического элемента, напишите процессы на электродах.

57. Рассчитайте потенциал алюминиевого электрода, погруженного в раствор, содержащий 13,35 г хлорида алюминия в 500 мл раствора относительно стандартного водородного электрода. Составьте электрохимическую схему гальванического элемента для измерения данного потенциала, запишите процессы на электродах.

58. Сопротивление 0,1 н раствора хлорида калия в ячейке с электродами площадью $1,2 \text{ см}^2$ и расстоянием между ними 1,0 см, равно 21,5 Ом. Определить удельную и эквивалентную электропроводность.

59. Уксусную кислоту в ацетонитриле титровали кулонометрически электрогенерированными OH^- ионами. Точку эквивалентности определяли потенциометрически. Вычислить молярную концентрацию уксусной кислоты, если при силе тока 25,0 мА время электролиза составило 107 с и объем исследованного раствора 40,0 мл.

60. 10 мл раствора бихромата калия поместили в электрохимическую ячейку, добавили раствор железа (III) и провели титрование бихромат-ионов генерируемыми

ионами железа (II) при силе тока 100 мА в течении 25 мин. Определить молярную концентрацию эквивалента бихромата калия.

61. Цианид натрия в объеме 20,0 мл определили титрованием электрогенерированными ионами водорода в присутствии метилового оранжевого. Окраска индикатора изменилась через 5 мин 12 с при силе тока 45 мА. Рассчитайте концентрацию (г/л) цианида натрия.

62. Рассчитайте массу выделенного металла, если электролиз вели в растворе сульфата меди 3,2 мин при силе тока 2 А.

63. Кальций в растворе оттитровывали ионами этилендиаминтетраацетата, которые генерировались в кулонометрической ячейке из соответствующего ртутного комплекса. Вычислить массу (мкг), если титрование велось 65 с при силе тока 3,0 мА (в генерировании 1 моль ЭДТА участвуют 2 электрона).

64. При полярографировании стандартных растворов меди получили следующие результаты:

$C_{Cu} \cdot 10^3$, г/мл	0,50;	1,00;	1,50;	2,00
h , мм	9,0;	17,5;	26,2;	35,0

Растворили навеску латуни массой 0,069 г и раствор разбавили до 50 мл. Вычислите массовую долю меди в образце, если высота волны на полярограмме равна 11,0 мм.

65. Определить концентрацию меди (мг/л) в исследуемом растворе, если при амперометрическом титровании 50,0 мл этого раствора раствором 0,01 М ЭДТА получили следующие результаты:

$V(\text{ЭДТА})$, мл	0,00;	0,50;	1,00;	1,50;	2,00;	2,50;	3,00
I_d , мкА	22,5;	16,0;	10,0;	3,75;	0,50;	0,50;	0,50

66. Определить концентрацию цинка (мг/л) в исследуемом растворе, если при амперометрическом титровании 10,0 мл этого раствора раствором $K_4[Fe(CN)_6]$ с $T(K_4[Fe(CN)_6]/Zn) = 0,0024$ г/см³ получили следующие результаты:

$V(K_4[Fe(CN)_6])$, мл	0,00;	0,20;	0,40;	0,50;	1,00;	1,50;	2,00
I_d , мкА	30,0;	30,0;	31,0;	40,0;	94,0;	146;	200

67. Вычислить молярную рефракцию винилиодида ($CH_2=CHI$), если показатель преломления равен 1,5385, а плотность – 2,037 г/см³. Сравните ее со значениями R , рассчитанными по рефракциям атомов и связей.

68. Вычислить молярную рефракцию валериановой кислоты ($CH_3(CH_2)_3COOH$), если показатель преломления равен 1,4085, а плотность – 0,9391 г/см³. Сравните ее со значениями R , рассчитанными по рефракциям атомов и связей.

69. Вычислить молярную рефракцию трихлорэтилена ($CHCl=CCl_2$), если показатель преломления равен 1,4773, а плотность – 1,4650 г/см³. Сравните ее со значениями R , рассчитанными по рефракциям атомов и связей.

70. Для определения никеля с диметилглиоксимом навеску стали растворяют и разбавляют раствор до 100,00 мл. 5 мл раствора помещают в колбу на 50,00 мл, добавляют необходимые реактивы, разбавляют водой до метки и фотометрируют при $l = 1,0$ см, $\lambda = 470$ нм ($\epsilon = 1,3 \cdot 10^4$). Вычислить массу навески стали для анализа, если оптимальное значение оптической плотности 0,435 и массовая доля никеля в стали равна 0,5%.

71. Навеску стали, массой 0,1 г, растворили и поместили в мерную колбу емкостью 50 мл. Приготовили стандартный раствор никеля, содержащий 200 мкг Ni в 50 мл. Через оба раствора пропустили световой поток интенсивностью 130 мкА. Интенсивность светового потока прошедшего через стандартный раствор составила 78,9 мкА, через исследуемый раствор – 70 мкА. Толщина кюветы 1 см. Определить массовую долю никеля в стали.

72. Навеску стали, массой 1,0000 г, растворили в колбе вместимостью 50 мл. Две пробы по 20,00 мл поместили в колбы вместимостью 50 мл. В одну колбу добавили

раствор, содержащий 0,0030 г ванадия. В обе колбы прилили H_2O_2 и довели водой до метки. Вычислить массовую долю ванадия (%) в стали, если при фотометрировании растворов получили $A_x = 0,270$ и $A_{x+ст} = 0,540$.

73. Относительная оптическая плотность раствора сульфосалицилатного комплекса железа(III) равна 0,290 ($l = 5$ см). Вычислить концентрацию железа (моль/л), если раствор сравнения содержал 0,0576 мг железа(III) в 50 мл, а молярный коэффициент поглощения сульфосалицилатного комплекса железа(III) равен 3000.

74. В две мерные колбы вместимостью по 100 мл поместили по 20,00 мл сточной воды, добавили необходимые реактивы. В одну из колб добавили 10 мл стандартного раствора CuSO_4 с $T(\text{Cu}) = 0,001$ г/мл. В обе колбы ввели раствор аммиака и разбавили водой до метки. Оптическая плотность исследуемого раствора и такого же раствора с добавкой Cu равны $A_x = 0,280$ и $A_{x+ст} = 0,320$ соответственно. Определить концентрацию меди в сточной воде.

75. Пропускание раствора с концентрацией железа 137 мкг в 1 мл, измеренное при 485 нм в кювете толщиной 2 см, равно 30,6%. Рассчитайте молярный коэффициент поглощения этого вещества.

76. Колонка объемом 200 мл заполнена сульфоглем. Количество воды, пропущенной через колонку до появления в фильтрате ионов кальция, составило 11,35 л. Жесткость воды равна 7,07 ммоль-экв/л. Определить обменную емкость катионита.

77. Сколько граммов кобальта (II) останется в растворе, если через колонку, заполненную 5,0 г катионита, пропустили 200 мл раствора соли кобальта с концентрацией 0,05 н. Полная динамическая емкость катионита 1,6 ммоль/г.

78. Определите обменную емкость катионита по CaCl_2 , если 1,0500 г катионита в H^+ -форме залили 100 мл раствора CaCl_2 с концентрацией 0,1 н и на титрование 25,0 мл фильтрата израсходовано 12,2 мл раствора гидроксида натрия с молярной концентрацией эквивалента 0,1 моль/л.

79. Для определения статической объемной емкости катионита, находящегося в H^+ -форме, к 2 г катионита добавили 25,0 мл раствора хлорида натрия с молярной концентрацией 0,35 М. После установления равновесия катионит отдели, промыли дистиллированной водой. Анализируемый раствор и промывные воды объединили и оттитровали 15,7 мл раствора NaOH с молярной концентрацией 0,5 М. Рассчитайте объемную емкость катионита.

80. Сколько граммов никеля (II) останется в растворе, если через колонку, заполненную 10,0 г катионита, пропустили 500 мл раствора соли никеля с концентрацией 0,05 М. Полная динамическая емкость катионита 1,4 ммоль/г

Паспорт контрольной работы

по дисциплине «Физико-химические методы анализа», 4 семестр

1. Методика оценки

Контрольная работа проводится по теме «Электрохимические методы анализа», включает 5 заданий. Контрольная работа выполняется в письменной форме, проводится во время консультаций, время выполнения 60 минут. Каждое задание контрольной работы оценивается от 1 до 2 баллов.

2. Критерии оценки

Контрольная работа считается **невыполненной**, если верно решено менее двух заданий (менее 50 %) с существенными замечаниями. Оценка составляет 0-4 баллов.

Работа выполнена на **пороговом** уровне, если верно решено 50% заданий, приведены уравнения реакций, протекающих в растворе и на электродах. Оценка составляет 5-6 баллов.

Работа выполнена на **базовом** уровне, если верно решено 75-80% заданий, приведены уравнения химических и электродных реакций, использован правильный алгоритм проведения расчетов, но при этом допущены незначительные погрешности при вычислениях, которые не повлияли на конечный результат. Оценка составляет 7-8 баллов.

Работа считается выполненной на **продвинутом** уровне, если выполнены все задания, использован правильный алгоритм решения задач, правильно записаны уравнения реакций, протекающих в растворе и на электродах, правильно использованы расчетные формулы и проведены вычисления. Оценка составляет 9-10 баллов.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за контрольную работу учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Пример варианта контрольной работы

Задание 1. Навеску $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ массой 0,1406 г растворили, раствор довели до метки в мерной колбе объемом 50,00 мл (V_k). При высокочастотном титровании 10,00 мл ($V_{ал}$) полученного раствора трилоном Б получили следующие данные:

$V(\text{трилона Б}), \text{мл}$	2,00	4,00	6,00	8,00	10,00	12,00
Показания прибора	61,0	51,5	42,0	32,0	31,5	40,0

Постройте кривую титрования и рассчитайте титр трилона Б по никелю.

Задание 2. По приведенным данным определите параметр, обозначенный через «X». Выход по току принять за 100 %. Для металла Me^{n+} определите, какой это металл.

Номер варианта	Вещество или ион	Сила тока, А	Электрохимический эквивалент	Время, мин	Масса выделенного вещества
1	Me^{2+}	0,5	0,658 мг/Кл	X	128 мг

Задание 3. Кальций в растворе оттитровали ионами этилендиаминтетраацетата, которые генерировались в кулонометрической ячейке из соответствующего ртутного комплекса. Конец реакции установили потенциометрически. Вычислите массу (мкг) кальция в растворе, если титрование велось при силе тока 3 мА в течение времени 60с (в генерировании 1 моль ЭДТА участвуют 2 электрона)

Задание 4. При полярографировании стандартных растворов свинца(II) получили следующие результаты:

$c_{Pb} \cdot 10^6$, г/мл	0,25	0,50	0,75	1,0	1,25
h , мм	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0

Навеску алюминиевого сплава массой 4,848 г растворили, затем раствор разбавили до 50,00 мл. Высота полярографической волны свинца в полученном растворе оказалась равной $h_x = 7,0$ мм. Вычислите массовую долю (%) свинца в образце.

Задание 5. При амперометрическом титровании 10,00 мл раствора сульфата цинка с $T_{ZnSO_4/Zn} = 3,00 \cdot 10^{-4}$ мг/мл поместили в мерную колбу (V_K) вместимостью 50,00 мл и довели водой до метки. Аликвоту полученного раствора ($V_n = 10,00$ мл) оттитровали раствором $K_4[Fe(CN)_6]$. Результаты титрования:

$V(K_4[Fe(CN)_6])$, мл	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6
I_d , мА	0	0	0	0	0	0	1	2	3

Вычислите условный титр раствора $K_4[Fe(CN)_6]$ по цинку.

Перечень заданий для контрольной работы

Задание 1.

1–3. При высокочастотном титровании раствора $BaCl_2$ 0,1000 М раствором H_2SO_4 получили следующие данные.

Задание	1	2	3
$V(H_2SO_4)$, мл	Показания прибора		
2,00	62,0	68,3	71,4
4,00	48,0	50,5	55,1
6,00	29,5	34,5	39,2
8,00	22,0	28,0	31,2
10,00	19,1	21,5	24,6

Постройте кривую титрования и определите массу (г) $BaCl_2$ в исследуемом растворе.

4–6. Анализируемую смесь HCl и CH_3COOH поместили в мерную колбу объемом 50,00 мл и довели водой до метки. При титровании 10,00 мл смеси 0,1 н. $NaOH$ получили следующие данные.

Задание	4	5	6	Задание	4	5	6
$V(NaOH)$, мл	Электропроводность, $g \cdot 10^3$ См			$V(NaOH)$, мл	Электропроводность, $g \cdot 10^3$ См		
7,00	2,50	2,62	2,66	12,00	2,00	2,03	2,08
8,00	2,20	2,35	2,39	13,00	2,20	2,06	2,11
9,00	1,90	2,08	2,12	14,00	2,50	2,38	2,25
10,00	1,93	1,96	2,02	15,00	2,85	2,74	2,60
11,00	1,96	2,00	2,04	16,00	3,20	3,10	2,96

Постройте кривую титрования и рассчитайте массу (г) HCl и CH_3COOH в исходном растворе.

7–11. Анализируемую смесь H_2SO_4 и CuSO_4 поместили в мерную колбу объемом 50,00 мл и довели водой до метки. При титровании 10,00 мл смеси NaOH получили следующие данные.

Задание	7	8	9	10	11
$V(\text{NaOH})$, мл	Электропроводность, $g \cdot 10^3 \text{ См}$				
2,00	7,0	6,5	6,0	8,0	8,8
4,00	6,0	5,4	4,9	7,0	7,6
6,00	5,1	4,4	3,9	6,2	6,6
8,00	4,2	3,4	2,0	5,3	5,4
10,00	3,0	2,5	2,0	4,0	5,4
12,00	3,0	2,5	2,0	4,0	5,4
14,00	3,0	2,5	2,0	4,0	5,4
16,00	3,5	4,2	3,8	4,6	6,4
18,00	4,0	6,5	5,5	5,1	7,8
20,00	4,5	8,9	7,2	5,7	9,0

Постройте кривую титрования и рассчитайте массу (г) H_2SO_4 и CuSO_4 в смеси, если титр $T(\text{NaOH}) = 0,0003854 \text{ г/мл}$.

12–14. При титровании 50,00 мл смеси растворов NaOH и NH_3 0,01 н. раствором HCl получили следующие данные.

Задание	12	13	14
$V(\text{HCl})$, мл	Электропроводность, $g \cdot 10^3 \text{ См}$		
0	6,30	5,68	6,60
1,00	5,41	4,46	5,98
2,00	4,52	3,20	5,30
3,00	3,62	—	3,00
4,00	3,71	3,00	4,05
5,00	4,79	3,84	—
6,00	5,85	4,68	4,45
7,00	6,93	5,50	5,70
8,00	9,00	7,00	7,80
9,00	12,08	10,80	12,02
10,00	15,13	14,55	16,20

Постройте кривую титрования и рассчитайте концентрацию (г/л) NaOH и NH_3 в исследуемом растворе.

15–17. Навеску $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ массой 0,1406 г растворили, раствор довели водой до метки в мерной колбе объемом 50,00 мл. При высокочастотном титровании 10,00 мл полученного раствора трилоном Б получили следующие данные.

Задание	15	16	17
$V(\text{трилона Б})$, мл	Показания прибора		
2,00	53,0	61,0	73,0
4,00	43,5	52,0	66,0
6,00	34,5	43,0	58,0
8,00	26,0	35,0	50,0
10,00	17,0	27,0	43,5
12,00	20,0	28,5	44,8
14,00	21,5	29,0	46,0
16,00	23,0	30,05	47,0

Постройте кривую титрования и рассчитайте титр трилона Б по никелю.

18–25. Для определения концентрации HF используют зависимость удельной электропроводности κ от содержания кислоты в растворе:

c_{HF} , моль/л	0,004	0,007	0,015	0,030	0,060	0,121	0,243
$\kappa \cdot 10^4$, См/см	2,5	3,8	5,0	8,0	12,3	21,0	36,3

Постройте градуировочный график в координатах $\lg \kappa - \lg c_{\text{HF}}$ и определите концентрацию HF, если ее удельная электропроводность равна:

Задание	18	19	20	21	22	23	24	25
$\kappa \cdot 10^4$, См/см	3,2	9,2	14,4	20,1	28,2	18,9	8,7	11,9

Задание 2.

По приведенным данным определите параметр, обозначенный через «X». Выход по току принять за 100 %. Для металла Me^{n+} определите, какой это металл.

Номер варианта	Вещество или ион	Сила тока, A	Электрохимический эквивалент	Время, мин	Масса выделенного вещества
1	Me^{2+}	0,5	0,658 мг/Кл	X	128 мг
2	Me^{3+}	3	X	3,5	0,4548 г
3	Me^{2+}	1,8	0,3054 мг/Кл	1,42	X, мг
4	Раствор Ag^+	2,5	4,025 г/А·ч	X	0,5450 г
5	Расплав KCl	X	0,368 мг/Кл	1,5	0,25 л Cl_2
6	Me^{3+}	15	0,093 мг/Кл	X	3,78 г
7	Раствор CdCl_2	X	–	2,5	0,300 г
8	Me^+	0,35	X, мкг/Кл	2,35	0,1037 г
9	FeCl_3 раствор	4,0	–	X	0,100 г
10	Me^{3+}	1,8	0,5430 мг/Кл	1,5	X, мг
11	Me^{3+}	3,0	X	35	0,5815 г
12	Расплав LiCl	X	0,073 мг/Кл	10	0,1 г Li
13	Me^{3+}	1,0	X	35	0,3772 г
14	Раствор CuSO_4	2,0	–	3,2	X, мг
15	Me^+	3,0	1,12 мг/Кл	4,1	X, г
16	Me^+	2,3	2,04 мг/Кл	X	0,3 г
17	Me^{3+}	1,9	0,68 мг/Кл	3	X, г
18	Me^{2+}	X	1,04 мг/Кл	2,0	0,17 г
19	Me^{2+}	1,5	0,583 мг/Кл	X	0,13 г
20	Раствор AgNO_3	X	–	4,5	0,22 г
21	Me^{2+}	0,2	0,329 мг/Кл	20	X, мг
22	Me^{3+}	1,0	X	15	$6,5 \cdot 10^5$ мкг
23	Me^{3+}	1,0	X	20	0,575 г
24	–	2,5	1,97 г/(А·ч)	4	X, г
25	Me^{2+}	X	0,550 мг/Кл	4,0	0,17 г

Задание 3.

1-4. Кальций в растворе оттитровывали ионами этилендиаминтетраацетата, которые генерировались в кулонометрической ячейке из соответствующего ртутного комплекса. Конец реакции установили потенциометрически.

Вычислите массу (мкг) кальция в растворе, если титрование велось при силе тока I (мА) в течение времени t (с) (в генерировании 1 моль ЭДТА участвуют 2 электрона):

Вариант	1	2	3	4
I (мА)	3,0	4,0	5,0	6,0
t (с)	65	80	100	120

5-8. Уксусную кислоту в ацетонитриле титровали кулонометрически с помощью OH^- ионов, образующихся при электролизе воды в катодном пространстве. Точку эквивалентности установили потенциометрически.

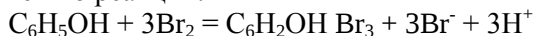
Вычислите молярную концентрацию уксусной кислоты, если при силе тока 25,0 мА время электролиза составило t (с) и объемы V (мл) исследованных растворов:

Вариант	5	6	7	8
t (с)	107	92	85	75
V (мл)	40,0	50,0	60,0	80,0

9-12. Таблетку витамина С растворили в воде и объем раствора довели до V (мл). Аликвотную часть объемом 10,00 мл поместили в кулонометрическую ячейку, добавили раствор KBr и провели титрование аскорбиновой кислоты генерируемым бромом при 80,0 мА в течение времени t . Какая масса аскорбиновой кислоты содержалась в таблетке, если на окисление 1 моль кислоты ($M = 176,13$ г/моль) до дегидроаскорбиновой кислоты затрачивается 1 моль Br_2 ?

Вариант	9	10	11	12
V (мл)	200,0	100,0	250,0	500,0
t (мин)	5,72	9,08	4,55	1,84

13-16. Пробу сточной воды объемом V (мл), содержащей фенол, оттитровывали бромом, генерируемым из KBr по уравнению реакции:



Рассчитайте концентрацию (мкг/мл) фенола в сточной воде, если электролиз длился в течение времени t при силе тока 0,035 А, по следующим данным:

Вариант	13	14	15	16
V (мл)	100,0	50,00	200,0	250,0
t	4 мин 35 с	2 мин 42 с	7 мин 4 с	6 мин 16 с

17-20. Навеску сурьмы массой m (г) перевели в раствор и содержащийся в качестве примеси алюминий выделили в виде оксихинолината. После промывания и растворения осадка в хлороводородной кислоте провели кулонометрическое титрование оксихинолина бромом, генерируемым из KBr при постоянной силе тока 8,5 мА. Точка эквивалентности, найденная биамперометрически, соответствовала времени электролиза t .

Рассчитайте массовую долю (%) алюминия в сурьме по следующим данным:

Вариант	17	18	19	20
m (г)	0,5000	0,5346	0,7015	0,6712
t (с)	114	102	92	176

21-24. Навеску руды массой m (г) растворили и восстановили железо до Fe^{2+} , а затем в кулонометрической ячейке количественно окислили его на платиновом аноде при контролируемом потенциале. Количество затраченного электричества определили кулонометром, состоящим из платинового анода, который погружен в раствор KI . На титрование иода, выделившегося при прохождении тока, потребовалось V (мл) 0,0500 М $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.

Вычислите массовую долю (%) железа в руде по следующим данным:

Вариант	21	22	23	24
m (г)	0,7905	0,5710	0,5886	0,4324
V (мл)	22,30	20,45	18,75	19,50

25. Цианид натрия в объеме 20,0 мл определили титрованием электрогенерированными ионами водорода в присутствии метилового оранжевого. Окраска индикатора изменилась через 5 мин 12 с при силе тока 45 мА. Рассчитайте концентрацию (г/л) цианида натрия.

Задание 4.

1–4. При полярографировании стандартных растворов свинца(II) получили следующие результаты:

$c_{\text{Pb}} \cdot 10^6$, г/мл	0,50	1,00	1,50	2,00
h , мм	4,0	8,0	12,0	16,0

Навеску алюминиевого сплава массой m растворили и раствор разбавили до 50 мл. Высота полярографической волны свинца в полученном растворе оказалась равной h_x .

Вычислите массовую долю (%) свинца в анализируемых образцах.

Задание	1	2	3	4
m , г	2,500	5,134	5,2	5,300
h_x , мм	6,0	9,0	10,0	11,0

5–8. Для построения градуировочного графика записали полярограммы четырех стандартных растворов меди(II) и измерили высоту волны h (мм).

$c_{\text{Cu}} \cdot 10^3$, г/мл	0,50	1,00	1,50	2,00
h , мм	9,0	17,5	26,2	35,0

Навеску латуни массой m (г) растворили и раствор разбавили до 50,00 мл. Вычислите массовую долю (%) меди в анализируемых образцах, если высота волны на полярограммах оказалась равной h_x .

Задание	5	6	7	8
m , г	0,0690	0,1000	0,1200	0,1400
h_x , мм	11,0	18,0	23,0	30,0

9–12. Навеску биологического материала массой m (мг) подвергли гидролизу, к полученному гидролизату протеина добавили растворы хлорида кобальта, аммонийного буферного раствора и разбавили до 50,00 мл. Полярографическая волна этого раствора вызвана каталитическим выделением водорода на катоде в присутствии комплексного соединения кобальта(II) с цистином. Измерили высоту волны I_{dl} при $E = -1,6$ В. К раствору добавили 5,00 мл стандартного раствора цистина ($M(\text{цистина}) = 240,291$ г/моль) с концентрацией $2,00 \cdot 10^{-5}$ моль/л. Увеличение высоты волны при том же потенциале составило 7,20 мкА.

Рассчитайте концентрацию (мг/кг) цистина в следующих биологических материалах.

Задание	Биологический материал	m , мг	I_{dl} , мкА
1	Альбумин крови	25,0	7,30
2	Волосы	15,0	4,20
3	Белок	35,0	12,5
4	Гормоны	15,0	5,10

13–16. Для определения марганца в стали методом добавок навеску m стали растворили в смеси кислот и после отделения мешающих ионов разбавили раствор до 200,0 мл. Аликвоту 20,00 мл поместили в электролизер и измерили высоту полярографической волны h_1 при $E = -1,55$ В. После добавления в электролизер $V_{\text{ст}}$ стандартного раствора 0,05 М MnSO_4 высота волны стала равной h_2 . Вычислите массовую долю марганца в образце.

Задание	13	14	15	16
m , г	1,6500	1,6030	1,2900	1,2600
h_1 , мм	22,5	20,5	18,5	17,0
$V_{\text{ст}}$, мл	5	5	10	10
h_2 , мм	35,0	33,0	43,5	42,0

17–20. Для определения свинца в цинковой руде методом добавок навеску руды массой m растворили в смеси кислот, восстановили железо(III), добавили желатин и разбавили раствор до 200,0 мл. Аликвоту объемом 20,00 мл поместили в электролизер и измерили высоту h_1 полярографической волны при $E = -0,45$ В. При этих условиях ионы меди, цинка и кадмия не мешают определению свинца. После добавления в электролизер стандартного раствора $V_{\text{ст}}$ 0,002 М $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ получили волну h_2 .

Рассчитайте массовую долю (%) свинца в руде для следующих вариантов.

Задание	17	18	19	20
m , г	1,000	2,266	2,268	3,073
h_1 , мм	22,0	25,0	26,5	28,5
$V_{\text{ст}}$, мл	10,00	5,00	5,00	2,00
h_2 , мм	42,00	35,0	36,5	32,5

21–24. Для определения кадмия в сплаве методом добавок навеску массой m растворили в смеси кислот и раствор разбавили до 250,0 мл. Аликвоту объемом 20,00 мл полярографировали и измерили высоту полярографической волны кадмия. Другие компоненты сплава в этих условиях не мешали определению кадмия. После добавления ($V_{\text{ст}}$) в электролизер стандартного раствора 0,03 М CdSO_4 высота волны увеличилась до h_2 .

Определите массовую долю (%) кадмия в сплаве для следующих вариантов.

Задание	21	22	23	24
m , г	3,542	4,130	3,508	3,746
h_1 , мм	19,0	20,5	16,5	18,5
$V_{\text{ст}}$, мл	10,00	2,00	5,00	5,00
h_2 , мм	29,0	22,5	21,5	23,5

25. При полярографировании 15 мл раствора соли цинка высота волны была 29,5 мм. После прибавления 2 мл стандартного раствора с концентрацией цинка 0,000256 н. высота волны увеличилась на 12 мм. Определите концентрацию цинка в анализируемом растворе (моль/л).

Задание 5.

1–5. Определите концентрацию меди (мг/л), если при амперометрическом титровании 50,00 мл этого раствора раствором 0,01 М ЭДТА получили следующие данные.

$V(\text{ЭДТА})$, мл	Диффузионный ток I_d , мкА				
	1	2	3	4	5
0,00	22,5	17,0	23,5	27,0	18,75
0,50	16,0	11,0	17,7	19,2	13,35
1,00	10,0	5,00	11,7	12,0	8,35
1,50	3,75	0,50	5,75	4,5	3,125
2,00	0,50	0,50	0,50	0,6	0,415
2,50	0,50	0,50	0,50	0,6	0,415
3,00	0,50	0,50	0,50	0,6	0,415

6–15. Определите концентрацию (мг/л) цинка в исследуемом растворе, если при амперометрическом титровании 10,00 мл этого раствора раствором $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ с $T_{\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]/\text{Zn}} = 0,00244$ г/см³ получили следующие результаты.

$V(\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6])$, мл	Диффузионный ток I_d , мкА									
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0,00	30,0	20,0	20,0	30,0	30,0	30,0	44,0	60,0	75,0	75,0
0,20	30,0	20,0	20,0	31,0	29,0	30,0	45,0	60,0	75,0	75,0

0,40	31,0	31,0	21,0	30,0	31,0	30,0	45,0	60,0	75,0	75,0
0,50	40,0	40,0	22,0	32,0	32,0	30,0	45,0	61,0	75,0	75,0
1,00	94,0	94,0	60,0	80,0	32,0	31,0	46,0	61,0	75,0	120
1,50	146	146	120	200	60,0	32,0	46,0	120	75,0	165
2,00	200	200	180	310	137	120	46,0	176	75,0	210
2,50	–	–	–	–	220	210	175	230	120	255
3,00	–	–	–	–	300	300	300	285	300	300

16–20. Определите концентрацию свинца (мг/л), если при амперометрическом титровании 10,00 мл этого раствора раствором Na_2SO_4 с $T_{\text{Na}_2\text{SO}_4/\text{Pb}} = 0,00640 \text{ г/см}^3$ получили следующие данные.

$V(\text{Na}_2\text{SO}_4)$, мл	Диффузионный ток I_d , мкА				
	16	17	18	19	20
0,0	215	151	260	105	308
0,5	163	106	198	72	240
1,0	113	57	137	40	172
1,5	60	31	75	30	102
2,0	40	31	43	30	42
2,5	39	30	42	29	42

21–25. Определите концентрацию (мг/л) никеля в исследуемом растворе, если при амперометрическом титровании 20,00 мл этого раствора спиртовым раствором диметилглиоксима (ДМГ) с $T_{\text{ДМГ/Ni}} = 0,00203 \text{ г/см}^3$ получили следующие результаты.

$V(\text{ДМГО})$, мл	Диффузионный ток I_d , мкА				
	21	22	23	24	25
0,0	240	160	220	260	279
0,5	190	115	100	225	250
1,0	140	65	20	191	218
1,5	93	46	40	158	186
2,0	41	65	62	124	153
2,5	76	85	85	100	122
3,0	110	104	106	148	90
3,5	145	122	127	192	80
4,0	180	140	148	240	100

Паспорт расчетно-графического задания

по дисциплине «Физико-химические методы анализа», 4 семестр

1. Методика оценки

В рамках расчетно-графического задания по дисциплине студенты должны на основе численных значений параметров, заданных в таблице для своего варианта, выбрать индикаторный электрод, рассчитать значение потенциала индикаторного электрода для каждой из расчетных точек кривой титрования: до начала титрования, этап до точки эквивалентности (ТЭ), в ТЭ и этап после ТЭ, построить рассчитанную кривую титрования в координатах: E - расход титранта V (титранта). На графике должны быть указаны все расчетные точки.

При выполнении расчетно-графического задания (работы) студенты должны провести анализ объекта диагностирования, выбрать алгоритм описания объекта и выполнить необходимые вычисления.

Титульный лист РГЗ должен содержать названия министерства, ВУЗа, факультета и кафедры, на которой выполнялась РГЗ. Ниже должна содержаться фраза «Расчетно-графическая работа по дисциплине «Физико-химические методы анализа» на тему «Построение кривой потенциометрического титрования». Далее содержится фраза «Выполнил: студент» с указанием группы студента, его фамилии с инициалами и номера варианта. Ниже указывается преподаватель, проверивший РГЗ. Внизу титульного листа указывается город и год выполнения РГЗ.

Обязательные структурные части РГЗ.

Обязательными структурными частями РГЗ являются:

исходная таблица данных, содержащая определяемое вещество и титрант, с указанием их концентраций и объемов,

указание индикаторного электрода и электрода сравнения (оценивается от 2 до 3 баллов),

уравнения окислительно-восстановительной реакции, уравненное методом ионно-электронного баланса (оценивается от 2 до 5 баллов);

для всех расчетных точек должны быть приведены формулы расчета и рассчитанные значения концентраций участников реакции, потенциала индикаторного электрода (оценивается от 4 до 8 баллов);

график зависимости E от V (титранта). При построении кривой титрования по оси ординат должен быть отложен потенциал, рассчитанный относительно электрода сравнения. На графике должны быть указаны следующие расчетные точки: точка эквивалентности (ТЭ), точки начала и конца скачка титрования (оценивается от 2 до 4 баллов).

Оцениваемыми позициями являются наличие всех пунктов задания и правильность их выполнения.

2. Критерии оценки

- Работа считается **не выполненной**, если работа оформлена не в соответствии с требованиями с существенными замечаниями и выполнена не в полном объеме: неверно определено направление реакции, не приведено уравнение реакции, неверно выбран индикаторный электрод, неправильно рассчитаны концентрации участников реакции,

потенциал индикаторного электрода в указанные моменты титрования, график противоречит расчетным данным, оценка составляет 0-9 баллов.

- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если работа оформлена в соответствии с требованиями с существенными замечаниями и выполнена не в полном объеме: не уравнено приведенное уравнение реакции, правильно рассчитаны концентрации участников реакции, потенциал индикаторного электрода рассчитан без учета электрода сравнения, неверно построен график, оценка составляет 9-13 баллов.
- Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если работа оформлена в соответствии с требованиями и выполнена в полном объеме, но имеются незначительные ошибки не повлиявшие на конечный результат: приведенное уравнение реакции уравнено, но методом электронного баланса, правильно рассчитаны все величины, но указаны не все единицы измерения, график построен верно, но не обозначены оси, оценка составляет 14-17 баллов.
- Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если работа оформлена в соответствии с требованиями и выполнена в полном объеме: верно определено направление реакции, приведенное уравнение реакции уравнено методом ионно-электронного баланса, верно выбран индикаторный электрод, правильно рассчитаны все величины, указаны все единицы измерения, график построен верно, оценка составляет 18-20 баллов.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за РГЗ учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Примерный перечень тем РГЗ(Р)

Задание. Рассчитайте и постройте кривую $E = f(V)$ потенциометрического титрования 100 мл 0,1 н раствора «А» 0,1 н. раствором «В». Подберите индикаторный электрод. Расчет относительно производите при следующих объемах добавленного титранта (в мл): 0,1; 1,0; 10; 50; 90; 99; 99,9; 100; 100,1; 101; 110; 120; 150 (13 точек). Считайте $[H^+]$, $[OH^-]$ равной 1 моль/л, парциальное давление газов – 1 атм. При построении кривой титрования по оси ординат откладывайте потенциал, рассчитанный относительно электрода сравнения.

Номер вариан- та	A	B	Номер вариан- та	A	B
	Электрод сравнения – хлорсеребряный ($E = 0,22\text{ В}$)			Электрод сравнения – каломельный насыщ. ($E = 0,24\text{ В}$)	
1	FeSO ₄	KMnO ₄	14	Pb(NO ₃) ₂	K ₂ S
2	KBr	AgNO ₃	15	KMnO ₄	CrSO ₄
3	NH ₄ OH	H ₂ SO ₄	16	AgNO ₃	KCl
4	KClO ₃	AsCl ₃	17	Cu ₂ SO ₄	KMnO ₄
5	Cd(NO ₃) ₂	Na ₂ S	18	Ce(SO ₄) ₂	H ₂ C ₂ O ₄
6	HCN	NaOH	19	NH ₄ OH	HCl
7	FeSO ₄	KBrO ₃	20	Na ₂ S	Cu(NO ₃) ₂
8	AgNO ₃	KI	21	KBr	K ₂ Cr ₂ O ₇
9	HClO	NaOH	22	KI	KBrO ₃
10	K ₂ Cr ₂ O ₇	KI	23	Fe(NO ₃) ₂	K ₂ S
11	NaNO ₂	KMnO ₄	24	K ₂ Cr ₂ O ₇	Cu ₂ SO ₄
12	KI	Pb(NO ₃) ₂	25	CuSO ₄	H ₂ C ₂ O ₄
13	HAsO ₂	KBrO ₃	26	Na ₂ SO ₃	KBrO ₃

КОМПЛЕКТ ЗАДАНИЙ ДЛЯ ТЕКУЩЕЙ АТТЕСТАЦИИ (ЗАЩИТА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ)

Дисциплина **Физико-химические методы анализа**

1. Контролирующие материалы для лабораторных работ по теме « Фотоколориметрия»

Вариант 1 (ЛР № 1)

1. Привести уравнение, связывающее коэффициент пропускания T и оптическую плотность A .
2. Какие из указанных соединений – Na_2CO_3 , CuSO_4 , NaCl , H_2SO_4 , KMnO_4 - поглощают свет в видимой области спектра?
3. Каковы причины отклонения от закона Бугера-Ламберта-Бера?
5. Какие факторы влияют на молярный коэффициент поглощения ε ? Физический смысл ε .

Критерии оценки

Каждое задание оценивается в 1 балл.

- Ответ засчитывается на **пороговом** уровне, если выполнено 2 задания, оценка составляет 2 балла
- Ответ засчитывается на базовом уровне, если выполнено 3 задания, оценка составляет 3 балла
- Ответ засчитывается на продвинутом уровне, если выполнены все задания, оценка составляет 4 балла

Вариант 1 (ЛР №2)

1. Для определения железа в промышленной воде из 100 мл воды после упаривания и обработки о-фенантролином получили 25 мл окрашенного раствора. Оптическая плотность этого раствора при $l = 1\text{ см}$ равна 0,460. Определить содержание железа в промышленной воде (в мг/мл), если $\varepsilon = 1100$.
2. Коэффициент пропускания T растворов с различными концентрациями вещества B равен: а) 78,5 %. Какова оптическая плотность этих растворов?
3. Какое соединение $[\text{Co}(\text{SCN})_4]^{2-}$ ($\varepsilon = 10^3$, $\lambda = 620\text{ нм}$) или $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ ($\varepsilon = 10$, $\lambda = 530\text{ нм}$) следует выбрать для определения следов (10^{-4} моль/л) кобальта (II)

Критерии оценки

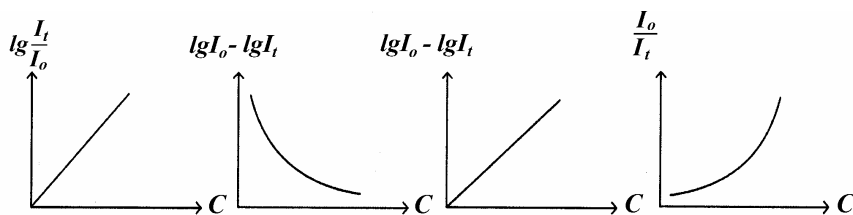
Первое задание оценивается в 2 балла, задание 2 и 3 – по 1 баллу.

- Ответ засчитывается на **пороговом** уровне, если выполнены задания 2 и 3, оценка составляет 2 балла
- Ответ засчитывается на базовом уровне, если выполнено задание 1 и задание 2 или 3, оценка составляет 3 балла
- Ответ засчитывается на продвинутом уровне, если выполнены все задания, оценка составляет 4 балла

Контрольные вопросы к защите лабораторных работ № 1-2

1. В чем сущность фотометрического метода анализа?

2. Привести уравнение, связывающее коэффициент пропускания T и оптическую плотность A .
- 3-5. Коэффициент пропускания T растворов с различными концентрациями вещества B равен: а) 78,5 %; б) 57,0 %; в) 27,8 %. Какова оптическая плотность этих растворов?
- 6-8. Определить оптическую плотность растворов, коэффициент пропускания которых: а) 0,087; б) 0,415; в) 0,268.
5. Как изменится оптическая плотность и пропускание раствора KMnO_4 , если его концентрация уменьшится в 2 раза?
6. Как изменится оптическая плотность и пропускание раствора при увеличении толщины светопоглощающего слоя?
7. Будет ли сохраняться линейная зависимость оптической плотности A от концентрации C если:
 - а) состав анализируемого раствора с разбавлением не изменяется;
 - б) при разбавлении раствора изменяется состояние определяемого вещества;
 - в) при разбавлении раствора происходит диссоциация определяемого вещества, например: $\text{Fe}(\text{SCN})_3 \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{SCN})_2^+ + \text{SCN}^-$;
 - г) с изменением кислотности раствора происходит сдвиг равновесия, например: $2\text{CrO}_4^{2-} + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{H}_2\text{O}$?
8. Какие факторы влияют на молярный коэффициент поглощения ε ? Физический смысл ε .
9. В каких координатах можно представить спектр поглощения?
10. Какие из указанных соединений – Na_2CO_3 , CuSO_4 , NaCl , H_2SO_4 , KMnO_4 - поглощают свет в видимой области спектра?
11. В каком случае вода не может быть использована в качестве раствора сравнения при измерении светопоглощения?
12. Как можно рассчитать минимальную, оптимальную и максимальную концентрации определяемого вещества в исследуемом растворе при известном значении ε ?
13. Каковы причины отклонения от закона Бугера-Ламберта-Бера?
14. Как проводится выбор оптимальных условий фотометрических определений: а) длины волны; б) толщины светопоглощающего слоя (кюветы); в) концентрации?
15. Какой из методов фотометрического анализа следует выбрать, если главным требованием к анализу элемента является: а) быстрота выполнения анализа; б) высокая точность при оптимальном содержании элемента; в) учет влияния фона (третьих компонентов)?
16. Какой из методов фотометрического анализа следует выбрать, если главным требованием к анализу элемента является высокая точность при интенсивной окраске раствора: а) метод добавок; в) метод градуировочного графика; в) метод дифференциальной фотометрии?
17. В каком случае в фотометрическом анализе используется свойство аддитивности оптической плотности?
18. Каким образом выполняется фотометрическое определение смеси двух окрашенных веществ, если спектры поглощения определяемых компонентов: а) не накладываются друг на друга; б) частично накладываются друг на друга; в) накладываются друг на друга на протяжении всей исследуемой области спектра?
19. Какой из приведенных графиков отвечает закону Бугера – Ламберта – Бера?



20. Как зависит оптическая плотность раствора от его pH: а) уменьшается с увеличением pH; б) характер изменения зависит от природы окрашенного раствора; в) сначала увеличивается, потом уменьшается; г) не зависит от pH.
21. Содержание антрацена в растворе определяли при 253 нм. Оптическая плотность стандартного раствора, содержащего 35,0 мг/л антрацена, равна 0,412. Оптическая плотность исследуемого раствора равна 0,396. В кювете сравнения был раствор с содержанием 30,0 мг/л антрацена. Вычислить концентрацию (мг/л) антрацена в исследуемом растворе.
22. Для определения никеля с диметилглиоксимом навеску стали растворяют и разбавляют раствор до 100 мл. К 5,00 мл раствора добавляют необходимые реактивы, разбавляют водой до 50,0 мл и фотометрируют при $l = 1,0$ см и $\lambda = 470$ нм, $\varepsilon = 1,3 \cdot 10^4$. Вычислите массу навески стали, если оптимальное значение оптической плотности 0,435 и приблизительная массовая доля никеля в стали равна 0,5%.
23. Для определения железа(III) в концентрированной серной кислоте в виде сульфосалицилата навеску помещают в колбу 100 мл, добавляют необходимые реактивы и доводят водой до метки. Измеряют оптическую плотность раствора при $l = 5,0$ см и $\lambda = 420$ нм, $\varepsilon = 6,3 \cdot 10^3$. Рассчитайте массу навески для анализа, если $A = 0,435$, $\omega(\text{Fe}^{3+}) = 0,001\%$.
24. Для определения железа в промышленной воде из 100 мл воды после упаривания и обработки о-фенантролином получили 25 мл окрашенного раствора. Оптическая плотность этого раствора при $l = 1$ см равна 0,460. Определить содержание железа в промышленной воде (в мг/мл), если $\varepsilon = 1100$.
25. Навеску стали массой 0,5000 г растворили в колбе 50,00 мл. Две пробы по 20,00 мл поместили в колбы вместимостью 50 мл. В одну колбу добавили раствор, содержащий 0,0030 г ванадия. В обе колбы прилили пероксид водорода и довели до метки. Вычислите массовую долю ванадия в стали, если при фотометрировании раствора получили $A_x = 0,200$ и $A_{x+ст} = 0,480$.
26. Рассчитайте минимально определяемое количество железа(III) по реакции с сульфосалициловой кислотой в аммиачной среде при толщине слоя 5 см и минимальном объеме окрашенного раствора 15 мл, если $A = 0,01$; $\varepsilon = 4000$.
27. Пропускание раствора с концентрацией меди 3,75 мг в 100 мл, измеренное при 480 нм в кювете 1,5 см, равно 39,6 %. Рассчитайте молярный коэффициент поглощения вещества.
28. Для определения меди в цветном сплаве навеску 1,5 г сплава после растворения обработали аммиаком и получили 500 мл окрашенного раствора ($A = 0,127$; $l = 5$ см; $\varepsilon = 423$). Определите процентное содержание меди в сплаве.
29. Какая толщина слоя окрашенного раствора, содержащего 57,5 мкг индия(3+) в 50 мл, потребуется для ослабления начального потока в 5 раз-, если $\varepsilon = 6950$.
30. Вычислите молярный коэффициент светопоглощения раствора, если A раствора, содержащего 1 мг никеля в 250 мл при толщине слоя 2 см, равна 0,217.
31. Навеску стали массой 0,9580 г растворили в колбе 50,00 мл. Две пробы по 20,00 мл поместили в колбы вместимостью 50 мл. В одну колбу добавили раствор, содержащий 0,0030 г ванадия. В обе колбы прилили пероксид водорода и довели до метки. Вычислите массовую долю ванадия в стали, если при фотометрировании раствора получили $A_x = 0,280$ и $A_{x+ст} = 0,560$.

2. Контролирующие материалы для лабораторных работ по теме «Рефрактометрия»

Вариант 1 (ЛР № 3)

1. Вычислите молярную рефракцию уксусной кислоты, если показатель преломления 1,3698, плотность $1,0493 \text{ г/см}^3$. Сравните с молярной рефракцией, рассчитанной по правилу аддитивности.

2. Молярная рефракция (формула для расчета, размерность, факторы, влияющие на ее величину)
3. В чем заключается аддитивность молярной рефракции и для определения чего она применяется?

Критерии оценки

Первое задание оценивается в 2 балла, задание 2 и 3 – по 1 баллу.

- Ответ засчитывается на **пороговом** уровне, если выполнены задания 2 и 3, оценка составляет 2 балла
- Ответ засчитывается на базовом уровне, если выполнено задание 1 и задание 2 или 3, оценка составляет 3 балла
- Ответ засчитывается на продвинутом уровне, если выполнены все задания, оценка составляет 4 балла

Контрольные вопросы к защите лабораторной работы № 3

1. Для каких целей применяют рефрактометрический метод анализа? К какой группе методов он относится?
2. В чем сущность рефрактометрического метода анализа? Дайте понятие рефракции.
3. Почему световой луч преломляется на границе раздела двух сред? Какой величиной характеризуют способность среды к преломлению и как она зависит от концентрации?
4. Как зависит показатель преломления в рефрактометрии от температуры, давления и длины волны света?
5. Нарисуйте и поясните принципиальную схему рефрактометра, основанную на измерении предельного угла падения света.
6. На чем основан количественный рефрактометрический анализ при использовании удельной рефракции?
7. Покажите на рисунке преломление светового луча при переходе его из среды оптически менее плотной в более плотную.
8. Приведите формулу для расчета молярной рефракции соединения, имеющего двойную или тройную связи. В чем заключается аддитивность рефракции?
9. Что называют абсолютным и относительным показателями преломления в рефрактометрии? Для анализа каких веществ используют этот метод в пищевой промышленности?
10. Покажите на рисунке преломление светового луча при переходе его из среды оптически более плотной в менее плотную. Объясните возникновение границы светотени в рефрактометре.
11. Что такое молярная рефракция, как она связана с поляризацией? Как вычисляется рефракция?
12. Почему рефракция является аддитивной величиной? Как рассчитать значение рефракции вещества по его структурной формуле?
13. На чем основан качественный рефрактометрический анализ? Приведите формулы для расчета молярной рефракции и по рефракции атомов.
14. Как меняется показатель преломления с изменением концентрации? Где используют эту зависимость в рефрактометрии и при анализе каких продуктов?
15. Полное внутреннее отражение света. Предельные углы падения и преломления.
16. На чем основан количественный рефрактометрический анализ при использовании градуировочного графика?
17. Что такое показатель преломления? Каков его физический смысл?
18. На каких свойствах анализируемого вещества основан рефрактометрический метод анализа. Как изменяется показатель преломления с ростом плотности вещества?
19. Приведите формулы для расчета удельной и молярной рефракций и укажите их размерности.
20. Поляризация деформации, электронная и атомная поляризация, поляризация ориентации.
21. Вычислите молярную рефракцию бромформа CHBr_3 , если показатель преломления 1,5924, плотность 2,8912 г/см³. Сравните с молярной рефракцией, рассчитанной по правилу аддитивности.

22. Углеводород $C_{10}H_{18}$ имеет показатель преломления 1,4635, плотность 0,8594 г/см³. Вычислите молярную рефракцию. Сравните с молярной рефракцией, рассчитанной по правилу аддитивности.

23. Вычислите молярную рефракцию этилацетата $CH_3COOC_2H_5$, если показатель преломления 1,3700, плотность 0,9012 г/см³. Сравните с молярной рефракцией, рассчитанной по правилу аддитивности.

24. Вычислите молярную рефракцию уксусной кислоты, если показатель преломления 1,3698, плотность 1,0493 г/см³. Сравните с молярной рефракцией, рассчитанной по правилу аддитивности.

25. Показатели преломления водных растворов сахара различной концентрации приведены в таблице:

Массовая доля, %	10	20	30	40
Показатель преломления	1,3461	1,3630	1,3805	1,4025

Постройте калибровочный график и определите концентрацию сахара (г/л) в растворе если известно, что показатель преломления раствора 1,3985, плотность 1,1186 г/см³.

26. Показатели преломления водно-ацетоновых растворов различной концентрации приведены в таблице:

Массовая доля, %	10	20	30	40	50
Показатель преломления	1,3340	1,3410	1,3485	1,3550	1,3610

Постройте калибровочный график и определите содержание ацетона в растворе с $n=1,3500$. Рассчитайте массовую долю ацетона по формуле.

27. Для построения калибровочного графика при рефрактометрическом определении глицерина взяты объемы (см. табл.) и измерены n .

Объем воды, мл	10	8	6	4	2	0
Объем глицерина, мл	0	2	4	6	8	10
Показатель преломления	1,333	1,3627	1,3915	1,4211	1,4484	1,4740

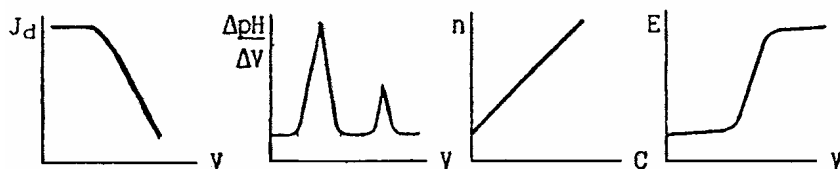
По графику определите массовую долю глицерина в смесях с $n=1,4050$ и $n=1,4580$, плотность 1,26 г/см³.

28. Показатель преломления NaCl равен 1,3433. Определите молярную концентрацию раствора с $n=1,3382$, принимая линейную зависимость между концентрацией NaCl и показателем преломления. (плотность принять за 1)

3. Контролирующие материалы для лабораторных работ по теме «Потенциометрия»

Вариант 1 (ЛР №4-5)

1. Потенциометрическое титрование с использованием реакций осаждения. Примеры. Индикаторные электроды. Расчет потенциала до ТЭ, в ТЭ и после ТЭ, если О.В. – Br^- .
2. Какие из приведенных на рисунке кривых соответствуют потенциометрическому титрованию? Укажите на кривой объем в точке эквивалентности.



3. Как устроен стеклянный электрод? Указать достоинства и недостатки стеклянного электрода.
4. Уравнение Нернста. Факторы, влияющие на величину электродного потенциала.

Критерии оценки

Каждое задание оценивается в 1 балл.

- Ответ засчитывается на **пороговом** уровне, если выполнено 2 задания, оценка составляет 2 балла
- Ответ засчитывается на базовом уровне, если выполнено 3 задания, оценка составляет 3 балла
- Ответ засчитывается на продвинутом уровне, если выполнены все задания, оценка составляет 4 балла

Вариант 1 (ЛР № 6-7)

1. Рассчитайте pH раствора хлорида аммония, если $E_{ГЭ}$, составленного из каломельного и стеклянного электродов, равно 0,8 В ($E_{\text{калом.}} = 0,282$ В, $E^0_{\text{стекл}} = -0,3$). Составьте схему гальванического элемента, запишите процессы, протекающие на электродах.
2. Рассчитайте напряжение Г.Э., состоящего из стеклянного и хлорсеребряного электродов, погруженных в раствор, содержащий CH_3COOH и CH_3COONa ($V = 50$ мл, $m(\text{CH}_3\text{COONa}) = 2$ г, $C(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,01$ М, $K_d = 1,78 \cdot 10^{-5}$, $E_{\text{хлорсер.}} = 0,204$ В, $E^0_{\text{стекл}} = -0,17$ В). Составьте схему гальванического элемента, запишите процессы, протекающие на электродах.

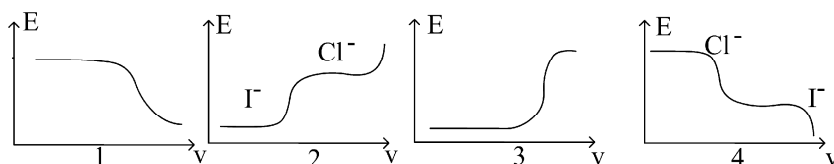
Критерии оценки

Каждое задание оценивается в 2 балла.

- Ответ засчитывается на **пороговом** уровне, если одно задание решено верно, но не обозначена схема гальванического элемента, не записаны процессы, протекающие на электродах. Оценка составляет 2 балла
- Ответ засчитывается на базовом уровне, если правильно решены 2 задания, но не обозначена схема гальванического элемента, не записаны процессы, протекающие на электродах. Оценка составляет 3 балла
- Ответ засчитывается на продвинутом уровне, если выполнены все задания, обозначена схема гальванического элемента, записаны процессы, протекающие на электродах. Оценка составляет 4 балла

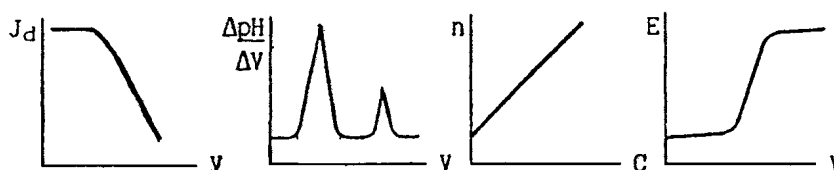
Контрольные вопросы к защите лабораторных работ № 4-7

1. Водородный электрод служит индикаторным электродом в реакциях: а) окисления – восстановления; б) нейтрализации; в) осаждения; г) комплексообразования.
2. Кривая титрования смеси иодида и хлорида нитратом серебра с серебряным индикаторным электродом соответствует:

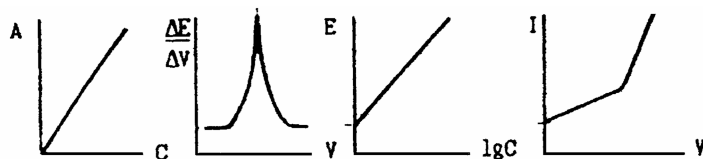


3. Какая из перечисленных зависимостей лежит в основе прямых потенциометрических определений: а) зависимость силы тока от потенциала; б) зависимость равновесного потенциала индикаторного электрода от концентрации потенциалоопределяющего иона; в) зависимость потенциала электрода от концентрации индифферентного электролита?

4. Привести уравнение Нернста для окислительно-восстановительной пары и пояснить смысл входящих в него величин.
5. Какие электроды относятся к электродам I рода и какие – к электродам II рода? Привести примеры.
6. К какому типу электродов относится хлорсеребряный электрод: а) мембранным ионоселективным; б) электродам I рода; в) электродам II рода; г) редокс-электродам?
7. Какой из указанных электродов относится к типу мембранных электродов: а) водородный; б) стеклянный; в) серебряный; г) каломельный?
8. Какие электроды называют индикаторными и какие – электродами сравнения? Указать наиболее распространенные электроды сравнения.
9. В чем сущность потенциометрического измерения pH раствора? Какие индикаторные электроды могут быть использованы для определения pH?
10. Как устроен стеклянный электрод? Указать достоинства и недостатки стеклянного электрода.
11. В чем сущность метода потенциометрического титрования?
12. Какой электрод следует выбрать в качестве индикаторного при потенциометрическом титровании FeSO_4 стандартным раствором KMnO_4 : а) стеклянный; б) платиновый; в) водородный; г) каломельный?
13. Указать индикаторные электроды и привести примеры потенциометрического титрования с использованием реакций кислотно-основного взаимодействия.
14. Какие из приведенных на рисунке кривых соответствуют потенциометрическому титрованию? Укажите на кривой объем в точке эквивалентности.



15. Указать индикаторные электроды и привести примеры потенциометрического титрования с использованием реакций осаждения.
16. Указать индикаторные электроды и привести примеры потенциометрического титрования с использованием реакций комплексообразования.
17. Указать индикаторные электроды и привести примеры потенциометрического титрования с использованием реакций окисления-восстановления.
18. Какие из представленных зависимостей соответствуют методам прямой потенциометрии и потенциометрического титрования?



19. Какой вид имеет кривая потенциометрического титрования сильной кислоты сильной щелочью. Какой индикаторный электрод целесообразно использовать при этом виде титровании.
20. При каких условиях возможно потенциометрическое титрование двух веществ (или ионов), находящихся в смеси? Привести примеры.
21. Рассчитайте напряжение Г.Э., состоящего из стеклянного и хлорсеребряного электродов, погруженных в раствор, содержащий CH_3COOH и CH_3COONa ($V=50$ мл, $m(\text{CH}_3\text{COONa})=2\text{г}$, $C(\text{CH}_3\text{COOH})=0,01\text{М}$, $K_d=1,78 \cdot 10^{-5}$, $E_{\text{хлорсер.}}=0,204\text{ В}$, $E^0_{\text{стекл.}}=-0,17\text{ В}$)
22. Можно ли использовать KMnO_4 в качестве окислителя в следующих процессах при стандартных условиях:
 А) $\text{HNO}_2 + \text{H}_2\text{O} - 2\text{e} = \text{NO}_3^- + 3\text{H}^+$, $E^0=0,94\text{ В}$

Б) $\text{H}_2\text{S} - 2\text{e} = \text{S} + 2\text{H}^+$, $E^0 = 0,14 \text{ В}$.

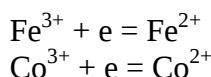
23. Рассчитайте потенциал системы $\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}$ в момент, когда оттитровано 30% MnO_4^- ($\text{C}(\text{MnO}_4^-) = 0,5 \text{ М}$). Составьте электрохимическую схему Г.Э. для измерения данного потенциала, напишите электродные процессы.

24. Рассчитайте pH раствора борной кислоты, если $E_{\text{ГЭ}}$, составленного из каломельного и водородного электродов, равно 0, 594 В ($E_{\text{калом.}} = 0,282 \text{ В}$). Составьте электрохимическую схему Г.Э. для измерения данного потенциала, напишите электродные процессы.

25. Возможна ли реакция между KClO_3 и MnO_2 в кислой среде? Ответ обосновать.

26. Рассчитайте pH раствора, если E системы $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}/\text{Cr}^{3+}$ равен 1,61 В ($\text{C}(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}) = 1 \text{ М}$, $\text{C}(\text{Cr}^{3+}) = 10^{-6} \text{ М}$). Составьте электрохимическую схему Г.Э. для измерения данного потенциала, напишите электродные процессы.

27. Можно ли использовать KClO_3 в качестве окислителя в следующих процессах при стандартных условиях:



Ответ обосновать. Приведите уравнение возможной реакции.

28. Рассчитайте pH раствора формиата натрия, если $E_{\text{ГЭ}}$, составленного из хлорсеребряного и хингидронного электродов, равно 0, 006 В ($E_{\text{хлорсер.}} = 0,220 \text{ В}$, $E_{\text{х.г.}}^0 = 0,699 \text{ В}$). Составьте электрохимическую схему Г.Э. для измерения данного потенциала, напишите электродные процессы.

29. Возможна ли реакция между KNO_2 и $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ в кислой среде? Ответ обосновать. Приведите уравнение возможной реакции.

30. Рассчитайте $E_{\text{ГЭ}}$, составленного из хлорсеребряного электрода ($E_{\text{хлорсер.}} = 0,204 \text{ В}$) и водородного электрода, погруженного в раствор соляной кислоты ($\text{C}_{\text{HCl}} = 0,01 \text{ М}$). Составьте электрохимическую схему Г.Э. для измерения данного потенциала, напишите электродные процессы.

31. Рассчитайте потенциал платинового электрода, погруженного в раствор, содержащий 12 г FeCl_2 и 16 г FeCl_3 в 500 мл раствора, относительно каломельного электрода (1 н. KCl). Составьте электрохимическую схему Г.Э. для измерения данного потенциала, напишите электродные процессы.

32. Рассчитайте потенциал кадмиевого электрода, погруженного в раствор CdSO_4 ($V_{\text{р-ра}} = 100 \text{ мл}$, $m_{\text{в-ва}} = 18,8 \text{ г}$), относительно хлорсеребряного электрода ($E_{\text{хлорсер.}} = 0,204 \text{ В}$). Составьте электрохимическую схему Г.Э. для измерения данного потенциала, напишите электродные процессы.

33. Рассчитайте потенциал платинового электрода, погруженного в раствор, содержащий 19,5 г бихромата калия и 15 г хлорида хрома(III) в 200 мл раствора, относительно каломельного электрода (1 н. KCl). Составьте электрохимическую схему Г.Э. для измерения данного потенциала, напишите электродные процессы.

34. В раствор с pH=5 погружены водородный и хлорсеребряный электроды ($E_{\text{хлорсер.}} = 0,22 \text{ В}$). Составьте электрохимическую схему Г.Э., напишите электродные процессы.

35. Рассчитайте pH раствора, если E системы $\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}$ равен 1,45 В ($\text{C}(\text{MnO}_4^-) = 0,1 \text{ М}$, $\text{C}(\text{Mn}^{2+}) = 10^{-4} \text{ М}$). Составьте электрохимическую схему Г.Э. для измерения данного потенциала, напишите электродные процессы.

4. Контролирующие материалы для лабораторных работ по теме «Хроматография»

Вариант 1 (ЛР № 8-9)

1. Сколько граммов никеля останется в растворе, если через колонку с 10 г катионита пропустили 500 мл раствора хлорида никеля с концентрацией 0,100 н. Полная динамическая емкость в данных условиях равна 1,72 ммоль/г.

2. На чем основан метод ионообменной хроматографии? Какие подвижные и неподвижные фазы в ней используют? Приведите реакции ионного обмена.
3. Как выполняют качественный и количественный анализ методом бумажной хроматографии?

Критерии оценки

Первое задание оценивается в 2 балла, задание 2 и 3 – по 1 баллу.

- Ответ засчитывается на **пороговом** уровне, если выполнены задания 2 и 3, оценка составляет 2 балла
- Ответ засчитывается на базовом уровне, если выполнено задание 1 и задание 2 или 3, оценка составляет 3 балла
- Ответ засчитывается на продвинутом уровне, если выполнены все задания, оценка составляет 4 балла

Контрольные вопросы к защите лабораторных работ № 8-9

1. Приведите классификацию хроматографических методов анализа по агрегатному состоянию, механизму разделения и методике проведения процесса.
2. В чем сущность бумажной качественной хроматографии? Приведите примеры.
3. Что за величина R_f ? От каких факторов зависит скорость перемещения и R_f в бумажной хроматографии?
4. В чем сущность количественного анализа: а) по абсолютной калибровки; б) внутренней нормализации (нормировки); в) внутреннего стандарта.
5. На каких явлениях основано хроматографическое разделение веществ? Как классифицируют методы хроматографии по агрегатному состоянию фаз?
6. На чем основан метод распределительной хроматографии? Привести примеры.
7. Дайте понятия – фактор (коэффициент) разделения и коэффициент распределения.
8. На чем основан метод осадочной хроматографии? Привести примеры.
9. Дайте краткую характеристику метода ионообменной хроматографии. Какие подвижные и неподвижные фазы в ней используют? Напишите реакции ионного обмена.
10. Как определяют статическую обменную и динамическую емкости ионита?
11. Дайте объяснения следующим понятиям: а) высота и ширина хроматографического пика; б) общий удерживаемый объем.
12. В чем отличие элюентной хроматографии от вытеснительной?
13. Что такое проявление хроматограммы и в каких случаях оно необходимо?
14. В чем сущность хроматографического разделения по методу газожидкостной хроматографии?
15. Что называют обменной емкостью ионита? В каких условиях ее измеряют? От каких факторов она зависит?
16. Приведите классификацию и опишите свойства ионитов, используемых в ионообменной хроматографии. Напишите уравнения ионообменной реакции.
17. В чем сущность умягчения жесткой воды методом ионообменной хроматографии?
18. Укажите основные параметры хроматографического пика. Какие из них используют в качественном и количественном анализе?
19. Изотермы адсорбции Ленгмюра и Фрейндлиха. Привести формулы и кривые изотерм.
20. Назовите подвижные и неподвижные фазы, используемые в хроматографии.
21. Рассчитайте массовую долю компонентов в смеси по данным, полученным методом газовой хроматографии:

Газ	S, мм ²	k
Бензол	85	1,0
Гексан	27	1,1
Пропилен	34	1,1
Этанол	11	1,8

22. При определении этилового спирта методом газовой хроматографии измерили высоту пиков и получили следующие данные:

М, мг	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
Н, мм	18	37	48	66	83

Для 0,02 г исследуемого раствора получен пик высотой 57 мм. Рассчитайте массовую долю этилового спирта.

23. Значения R_f при хроматографическом разделении ионов на бумаге в среде бутанола, насыщенного 2М HCl, составляют: Cd – 0,6; Zn – 0,6; Bi – 0,5; Co – 0,1; Ca – 0,0; Al – 0,1.. Какие из ионов не могут быть четко идентифицированы из смеси: а) Al, Zn, Co, б) Cd, Zn, Co, в) Bi, Al, Ca.

24. Сколько граммов никеля останется в растворе, если через колонку с 10 г катионита пропустили 500 мл раствора хлорида никеля с концентрацией 0,100 н. Полная динамическая емкость в данных условиях равна 1,72 ммоль/г.

25. Через колонку, заполненную катионитом массой 8 г, пропустили 200 мл 0,07 М раствора сульфата никеля. Выходящие из колонки порции раствора по 50,0 мл собирали и анализировали на содержание ионов никеля. Получили следующие результаты (С ммоль/л): 1- 0; 2- 0,024; 3- 0,055; 4- 0,07. Определите ПДОЕ

26. Рассчитайте массовую долю компонентов в смеси по данным, полученным методом газовой хроматографии:

Газ	S, мм ²	k
Бензол	20,6	0,78
Толуол	22,9	0,79
Этилбензол	30,5	0,82
Кумол	16,7	0,84

27. К 100 мл 0,05 н. раствора нитрата цинка прибавили 10 г катионита в H⁺- форме. После установления равновесия концентрация уменьшилась до 0,006 н. Определите СОЕ катионита. (ммоль/г)

28. Для определения углеродсодержащих примесей в сере навеску серы массой 10 г обработали кислородом при 800⁰С, полученный СО₂ пропустили через колонку и определили площадь пика, равную 866 мм². На основе анализа стандартных растворов рассчитали градуировочный коэффициент $K_{CO_2} = 1,01 \cdot 10^{-6}$ ммоль/мм². Определите массовую долю углерода в сере.

29. К 100 мл 0,1 н. раствора соляной кислоты добавили 5 г катионита в Na-форме. После установления равновесия концентрация кислоты уменьшилась до 0.015 н. Определите СОЕ катионита. Запишите реакцию обмена на катионите.

30. Рассчитайте массовую долю примесей в фальсифицированном спирте по данным, полученным методом газовой хроматографии:

Компоненты смеси	S	K	Компоненты смеси	S	K
Этанол	115	0,84	Вода	5,8	1,10
Метанол	1,3	1,00	Ацетальдегид	1,5	0,90

31. Рассчитайте массовую долю компонентов в смеси по данным, полученным методом газовой хроматографии:

Газ	S, мм ²	k
Этанол	3524	0,64
Метанол	13	0,58

32. Сколько граммов Na⁺ задержится в колонке при пропускании через нее раствора хлорида натрия, если объем катионита 50 см³, динамическая обменная емкость 3,6 ммоль-экв на 1 г сухого катионита, удельный объем катионита равен 2,8 см³/г? Напишите уравнение ионного обмена.

33. При адсорбции уксусной кислоты на угле были получены данные:
 – равновесная концентрация, ммоль/л (C) 0,018 0,062 0,47
 – удельная адсорбция, ммоль/г (Г) 0,467 0,801 2,04
 Определить значение констант в уравнении Фрейндлиха $\Gamma = K \cdot C^{1/n}$.

34. Рассчитать содержание этана (%) в смеси по следующим данным, полученным методом газовой хроматографии:

Газ	S, мм ²	K
Этан	7	0,77
Пропан	5	1,00
Бутан	4	1,11
Пентан	5	0,60

35. Смесь катионов, содержащаяся в молоке, при разделении в тонком слое окиси алюминия с помощью ацетона, содержащего 8 % воды и 8 % конц. HCl, дала после проявления $K_4[Fe(CN)_6]$ 3 пятна со значением R_f : 0,27; 0,56; 0,69. Пробы катионов-свидетелей имеют следующие значения R_f : Ni^{2+} – 0,27; Co^{2+} – 0,44; Cu^{2+} – 0,57; Fe^{3+} – 0,69. Определить катионы, входящие в состав молока, а также их нормальную концентрацию в продукте по формуле $C = K \cdot A \cdot S$, если известно, что $K = 0,2$, площади пятен на хроматограмме для Ni^{2+} , Co^{2+} , Cu^{2+} и Fe^{3+} равны соответственно (мм²): 40, 42, 50, 45, а их оптические плотности 0,0125; 0,0120; 0,020 и 0,0165.