

Энгельсский технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего образования  
«Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»  
Кафедра «Естественные и математические науки»

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине

### *Б.1.2.7. «Дополнительные главы аналитической химии»*

направления подготовки

18.03.01. «Химическая технология»

Профили: «Технология и переработка полимеров»

форма обучения – очная  
курс – 2  
семестр – 3  
зачетных единиц – 3  
часов в неделю – 3  
всего часов – 108,  
в том числе:  
лекции – 16  
практические занятия – нет  
лабораторные занятия – 32  
самостоятельная работа – 60  
зачет – семестр 3  
экзамен – нет  
РГР – нет  
курсовая работа – нет  
курсовой проект – нет

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры ЕМН  
«27» июня 2022 года, протокол № 9  
Зав. кафедрой *Е.Жилина* /Жилина Е.В./

Рабочая программа утверждена на заседании УМКН НФГД  
«27» июня 2022 года, протокол № 5  
Председатель УМКН *Н.Левкина* /Левкина Н.Л./

Энгельс. 2022

Рабочая программа дисциплины «Дополнительные главы аналитической химии» составлена с учетом требований **профессиональных стандартов**, а именно:

- Специалист по химической переработке нефти и газа, утвержден приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 21.11.2014 г. №926н;
- Специалист по контролю качества нефти и продуктов ее переработки на нефтебазе, утвержден приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 12.03.2015 г. №157н.

### **1. Цели и задачи дисциплины**

**Цели преподавания дисциплины** - изучение основ теории и практики физико-химического анализа веществ, основных экспериментальных закономерностей, лежащих в основе физико-химических методов исследования, их связи с современными технологиями, а также формирование у студентов компетенций, позволяющих осуществлять экспериментальное определение закономерностей изменения физико-химических свойств и проводить численные расчеты соответствующих физико-химических величин

#### **Задачи дисциплины:**

- 1 сформировать базовые знания и представления о фундаментальных законах и основных методах исследования физико-химических свойств и структуры веществ. Обобщить и систематизировать знания, включающие фундаментальные законы, лежащие в основе физико-химического анализа.
- 2 сформулировать основные задачи физико-химического анализа, установить область и границы применимости различных методов;
- 3 рассмотреть основные экспериментальные закономерности, структуру и математическую форму основных уравнений, лежащих в основе физико-химического анализа, особенности их использования в различных методах;
- 4 рассмотреть основные приемы и методы экспериментального и теоретического исследования физико-химических свойств, использование этих методов в современных технологиях;
- 5 установить область применимости моделей, применяемых физико-химических методов, рассмотреть способы вычисления физико-химических величин, характеризующих явления; обеспечить овладение методологией физико-химических исследований.

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

«Дополнительные главы аналитической химии» представляет собой дисциплину вариативной части учебного цикла (Б.1.2) основной образовательной программы бакалавриата по направлению (18.03.01.) Химическая технология. Она неразрывно связана с базовой дисциплиной «Аналитическая химия и физико-химические методы анализа» и изучается непосредственно после освоения указанной дисциплины. Кроме того, «Дополнительные главы аналитической химии» относятся к группе химических дисциплин математического и естественнонаучного цикла и изучается:

- после освоения дисциплины «Общая и неорганическая химия», дающей базовые представления об основных законах, теориях и понятиях химии;
- после прохождения дисциплины «Аналитическая химия и физико-химические методы анализа», в рамках которой приводятся начальные сведения о химических и физико-химических методах количественного анализа веществ;
- параллельно с изучением дисциплины «Органическая химия», предполагающей знание основ качественного и количественного анализа органических соединений;
- перед изучением дисциплины «Дополнительные главы органической химии», в которой используется знание методов установления строения органических соединений;

- перед изучением дисциплин «Физическая химия» и «Дополнительные главы физической химии», ряд разделов которых являются теоретической основой физических методов анализа;
- перед изучением дисциплин «Коллоидная химия» и «Поверхностные явления в полимерных материалах», которые используют физические методы анализа для определения строения и количественных характеристик коллоидных систем.

Кроме того, изучаемая дисциплина тесно связана с двумя другими дисциплинами математического и естественнонаучного цикла учебного плана: «Математика» и «Физика».

Знания, полученные обучающимися при изучении «Дополнительных глав аналитической химии», являются основой для последующего успешного освоения многих дисциплин профессионального цикла образовательной программы, например «Основы технологии органических веществ», «Химия и физика полимеров», «Структура и свойства полимеров», «Материаловедение и технология конструкционных материалов» и др.

Для успешного освоения дисциплины «Дополнительные главы аналитической химии» требуются знания, приобретенные при изучении предшествующих дисциплин:

- основные понятия и методы математического анализа, линейной алгебры, теории вероятностей основы тригонометрии;
- законы сохранения, электростатики; природа электромагнитного поля, законы электромагнитной индукции; волновая и геометрическая оптика; основы квантовой механики; строение многоэлектронных атомов;
- электронное строение атомов и молекул, основы теории химической связи, строение вещества, основные закономерности протекания химических реакций, характеристики химического равновесия.

### 3. Требования к результатам освоения дисциплины

В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие общекультурные и профессиональные компетенции при освоении ООП ВО, реализующей федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования (ФГОС ВО):

- Готовность использовать знания о строении вещества, природе химической связи в различных классах химических соединений для понимания свойств материалов и механизма химических процессов, протекающих в окружающем мире (ОПК-3)
- Готовность использовать знание свойств химических элементов, соединений и материалов на их основе для решения задач профессиональной деятельности (ПК-18)

По окончании изучения дисциплины студент

**должен знать:** физические и теоретические основы изученных методов анализа, аналитические возможности каждого метода, области его применения, основное аппаратное оформление,

**должен уметь:** оценить возможность использования того или иного метода анализа для решения конкретной задачи; извлекать простейшую информацию на основании рассмотрения спектров;

**должен владеть:** практическими навыками проведения поляриметрического, рефрактометрического, потенциометрического, спектрофотометрического методов анализа.

В соответствии с требованиями **профессиональных стандартов** освоение дисциплины направлено на формирование следующих трудовых действий, необходимых умений и необходимых знаний, достаточных для выполнения трудовых функций:

Трудовая функция	Трудовые действия	Необходимые умения	Необходимые знания
<b>Профстандарт «Специалист по химической переработке нефти и газа»</b>			
3.2.9. Контроль ка-	Организация прове-	Разрабатывать мето-	Оборудование лабо-

чества сырья, компонентов и выпускаемой продукции, паспортизация товарной продукции	дения лабораторных анализов в соответствии с существующими стандартами	дики проведения измерений и мероприятия по улучшению их проведения	ратории, принципы его работы и правила эксплуатации
	Контроль ведения лабораторных журналов и своевременное оформление результатов анализов и испытаний согласно системе менеджмента качества	Применять стандартные методы контроля качества производимой продукции	Методы проведения анализов, испытаний и других видов исследований
	Обеспечение достоверности, объективности и требуемой точности результатов испытаний	Разрабатывать новые методы контроля качества производимой продукции	Лабораторное оборудование, контрольно-измерительная аппаратура и правила ее эксплуатации
	Проведение анализа результатов аналитического контроля качества нефти с предоставлением ежемесячного отчета в производственный отдел		Система государственной аттестации лабораторного оборудования, паспортизации и сертификации продукции
<b>Профстандарт «Специалист по контролю качества нефти и продуктов ее переработки на нефтебазе»</b>			
3.2.1. Организация испытаний нефти и продуктов ее переработки	Контроль достоверности, объективности и требуемой точности результатов испытаний	Оценивать достоверность результатов	Оборудование лаборатории, принципы его работы и правила эксплуатации
	Организация проведения и проведение приемо-сдаточных анализов при приеме и отпуске нефти и продуктов ее переработки методами испытаний, указанным в нормативном документе на нефтепродукт, стандартными методами	Производить приемо-сдаточные анализы и испытания	Методы измерений, контроля качества нефти и продуктов ее переработки
	Организация эксплуатации лабораторного оборудования	Эксплуатировать лабораторное оборудование, производить измерения	Порядок определения качества нефти и продуктов ее переработки
	Разработка методик и инструкций по те	Анализировать результаты лаборатор-	Нормы и требования промышленной и

	кущему контролю лабораторного оборудования, в том числе по экспресс-анализам на рабочих местах	ных исследований	пожарной безопасности, правила по охране труда и экологической безопасности
--	--	------------------	---

#### 4. Распределение трудоемкости (час.) дисциплины по темам и видам занятий

№ Мо дуля	№ Не дели	№ Те мы	Наименование темы	Часы					
				Всего	ЛЗ	КЛ	ЛР	ПР	СРС
		1	2	3	4	5	6	7	8
		1	Оптические методы анализа.	58/4	6/4	-	16	-	36
		2	Электрохимические методы анализа	58/4	6/4	-	16	-	36
		3	Хроматография	39/2	3/2	-	-	-	36
Всего				108/10	16/10	-	32	-	108

#### 5. Содержание лекционного курса

№ темы	Всего часов	№ лекции	Тема лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4	5
3 семестр				
1	6	1-3	<i>Оптические методы анализа</i> Основы <i>оптических методов</i> анализа. Классификация спектроскопических методов. Методы атомной спектроскопии. Атомно-эмиссионный анализ. Происхождение спектров испускания. Источники возбуждения и способы регистрации спектров. Качественный и количественный анализ по спектрам испускания. Атомно-абсорбционный спектральный анализ. Источники излучения, атомизаторы, приемники излучения. Методы молекулярной спектроскопии. Классификация методов абсорбционной спектроскопии. Происхождение абсорбционных спектров. Виды молекулярных спектров. Методы количественного анализа в видимой области: метод градуировочного графика, метод добавок, метод сравнения со стандартом, метод молекулярного свойства, метод дифференциальной фотометрии.	1-4,6
2	6	4-7	<i>Электрохимические методы анализа</i> Классификация и сущность электрохимических ме-	1-5

			<p>тодов анализа. Потенциометрический метод анализа: сущность метода, системы электродов. Требования к индикаторным электродам и электродам сравнения. Потенциометрия с ионселективными электродами (ионометрия), потенциометрическое титрование. Метрологические характеристики метода.</p> <p>Обзор иных электрохимических методов анализа. Вольтамперометрия. Сущность метода. Принципиальная схема установки. Электроды. Качественный и количественный полярографический анализ. Амперометрия. Сущность метода, принципиальная схема установки. Выбор системы электродов, выбор потенциала индикаторного электрода. Типы кривых титрования. Кулонометрия. Законы Фарадея. Варианты кулонометрии. Прямая кулонометрия и кулонометрическое титрование. Возможности метода и области применения. Кондуктометрия и кондуктометрическое титрование.</p>	
3	3	8,9	<p>Хроматографические методы анализа. Классификация методов по различным типам. Сущность метода, выбор условий, зависимость от различных факторов. Устройство приборов для газовой и жидкостной хроматографии. Области применения. Метрологические характеристики метода.</p>	1-6

#### 6. Содержание коллоквиумов

Не предусмотрены

#### 7. Перечень практических занятий

Не предусмотрены

#### 8. Перечень лабораторных работ

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Часы	Наименование лабораторных работ	Учебно-методическое обеспечение
<b>3 семестр</b>				
1	Оптические методы анализа.	16	<p>Закон Бугера-Ламберта-Бера.</p> <p>1.«Определение ионов меди, железа, никеля в различных средах»;</p> <p>2. «Определение белков в молоке по реакции с кислотным красителем»</p> <p>3. «Определение аскорбиновой кислоты во фруктовых соках».</p> <p>4. «Определение сульфатов в питьевой воде»</p>	[3], [6] [7],
2	Электрохимические методы анали-	16	1.Потенциометрия: «Определение рNa в водном растворе соли», «Определение нитрата в	[9]

за.		<p>техническом образце», «Потенциометрическое определение константы диссоциации уксусной кислоты», «Потенциометрическое титрование кислот», «Определение содержания железа (II) в присутствии железа(III)», «Определение содержания ацетата цинка».</p> <p>2. Кондуктометрия: «Кондуктометрическое титрование кислот и щелочей»</p>	
-----	--	---	--

### 9. Задания для самостоятельной работы студентов

№ темы	Всего часов	Задания, вопросы, для самостоятельного изучения (задания)	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4
<b>3 семестр</b>			
1	36	<p>Освоение теоретических основ физико-химических методов анализа.</p> <p>Классификация физико-химических методов анализа.</p> <p>Электрические и оптические свойства молекул. Электронная, атомная и ориентационная поляризация. Поляризация деформации.</p> <p>Дисперсия света. Применение молекулярной рефракции и дисперсии для установления строения молекул.</p> <p>Рефрактометрические константы как критерий чистоты вещества и средство идентификации.</p> <p>Методы определения показателя преломления. Приборы для измерения показателей преломления.</p>	1-6
2	36	<p>Потенциометрическое титрование по методу окисления-восстановления. Электрохимические индикаторные реакции. Связь константы равновесия окислительно-восстановительной реакции со значением стандартных (реальных) потенциалов окислителя и восстановителя. Расчёт <math>K_{равн}</math> по значениям стандартных (реальных) потенциалов. Особенности кривых титрования метода окисления-восстановления. Расчёт окислительно-восстановительного эквивалента реакции (числа электронов) по графику <math>E - \lg a_{ок}/a_{вос}</math>.</p>	1-6
2	36	<p>Хроматография. Классификация хроматографических методов анализа. Основные понятия и термины. Количественные характеристики хроматограмм. Принцип метода газо-жидкостной хроматографии. Метрологические характеристики метода. Особенности метода жидкостной хроматографии. Аппаратурное оформление, аналитические возможности метода</p>	1-6

### 10. Расчетно-графическая работа

Темы, задания, учебно-методическое обеспечение (ссылки на раздел 15. «Перечень учебно-методического обеспечения для обучающихся по дисциплине»)

Не предусмотрена

ФГОС-ВО  
18.10.2023  
УМО

### 11. Курсовая (контрольная) работа

Темы, задания, учебно-методическое обеспечение (ссылки на раздел 15. «Перечень учебно-методического обеспечения для обучающихся по дисциплине»)

### 12. Курсовой проект

Темы, задания, учебно-методическое обеспечение (ссылки на раздел 15. «Перечень учебно-методического обеспечения для обучающихся по дисциплине»)

Не предусмотрен

### 13. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

В процессе освоения образовательной программы у обучающегося в ходе изучения дисциплины Б.1.2.7 «Дополнительные главы аналитической химии» должны сформироваться компетенции ОПК-3 и ПК-18

Под компетенцией ОПК-3 понимается готовность использовать знания о строении вещества, природе химической связи в различных классах химических соединений для понимания свойств материалов и механизма химических процессов, протекающих в окружающем мире. Для формирования данной компетенции необходимы базовые знания фундаментальных разделов химии, физики, математики. Формирования данной компетенции параллельно происходит в рамках учебных дисциплин «Органическая химия», «Экология». Зачет проводится в виде компьютерного тестирования.

Код компетенции	Этап формирования	Показатели оценивания	Критерии оценивания		
			Промежуточная аттестация	Типовые задания	Шкала оценивания
ОПК-3	I (3семестр)	1. Знание физических и теоретических основ изученных методов анализа, аналитических возможностей каждого метода, области его применения основное аппаратное оформление, оценивать возможность использования того или иного метода анализа для решения конкретной задачи; извлекать простейшую информацию на осно-	Промежуточная аттестация	Типовые задания	Шкала оценивания
			Текущий контроль в виде проведения модульных занятий, выполнения лабораторных занятий, отчета по модульным работам зачет в виде компьютерного тестирования	Проведение лабораторных занятий Вопросы и задачи модульных работ Вопросы к зачету зачет в виде компьютерного тестирования	



		вании рассмотрения спектров;			
--	--	------------------------------	--	--	--

Под компетенцией ПК-18 понимается готовность использовать знание свойств химических элементов, соединений и материалов на их основе для решения задач профессиональной деятельности. Для формирования данной компетенции необходимы базовые знания фундаментальных разделов химии, физики, математики. Формирования данной компетенции параллельно происходит в рамках учебных дисциплин «Органическая химия», «Экология».

Код компетенции	Этап формирования	Показатели оценивания	Критерии оценивания		
			Промежуточная аттестация	Типовые задания	Шкала оценивания
ПК-18	I (3 семестр)	Владение практическими навыками проведения титриметрического, фотометрического, рефрактометрического, потенциометрического, спектрофотометрического методов анализа.	Промежуточная аттестация	Типовые задания	Шкала оценивания
			Текущий контроль в виде проведения модульных занятий, выполнения лабораторных занятий, отчета по модульным работам зачет в виде компьютерного тестирования	Проведение лабораторных занятий Вопросы и задачи модульных работ  Вопросы к зачету зачет в виде компьютерного тестирования	

Для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины Б.1.2.7. «Дополнительные главы аналитической химии», проводится промежуточная аттестация в виде зачета. Процедура оценивания знаний, умений, навыков по дисциплине Б.1.2.7. «Дополнительные главы аналитической химии» включает выполнение лабораторных работ, самостоятельной работы, модульных работ, тестовых заданий на зачете. Лабораторные работы считаются успешно выполненными в случае предоставления в конце занятия отчета (протокола), включающего тему, ход работы, соответствующие расчёты, уравнения реакций и выводов по работе. Шкала оценивания – «зачтено / не зачтено». «Зачтено» за лабораторную работу ставится в случае, если она полностью правильно выполнена, при этом обучающимся показано свободное владение материалом по дисциплине. «Не зачтено» ставится в случае, если работа решена неправильно, тогда она возвращается студенту на доработку и затем вновь сдаётся на проверку преподавателю. В конце семестра студент сдает зачет в виде теста. Оценивание тестовых заданий проводится по принципу «зачтено» / «не зачтено». В качестве критериев оценивания используется количество правильных ответов. Оценка «зачтено» ставится, если студент достаточно владеет материалом, дает правильный ответ на 35-100% тестовых заданий.

При оценке «не зачтено» студент не представляет достаточно убедительных знаний, не владеет материалом – отвечает менее чем на 35 % тестовых заданий.

Самостоятельная работа считается успешно выполненной в случае успешного выполнения тестовых заданий. К зачету по дисциплине студенты допускаются при предоставлении всех отчетов по всем лабораторным занятиям и успешном написании модульных заданий.

*Уровни освоения компонент компетенций  
в рамках дисциплины Б.1.2.7. «Дополнительные главы аналитической химии»*

Степени уровней освоения компетенции	Отличительные признаки
Пороговый	<p><b>Знает:</b> Знание физических и теоретических основ изученных методов анализа, аналитических возможностей каждого метода, области его применения.</p> <p><b>Умеет:</b> Эксплуатировать лабораторное оборудование, производить измерения</p> <p><b>Владеет:</b> простейшими качественными навыками при проведении анализа</p>
Продвинутый	<p><b>Знает:</b> основное аппаратное оформление, оценивать возможность использования того или иного метода анализа для решения конкретной задачи;</p> <p><b>Умеет:</b> Представляет механизмы химических реакций при проведении аналитических реакций, протекающих в технологических процессах и в окружающем мире</p> <p><b>Владеет:</b> практическими навыками проведения титриметрического, фотометрического, рефрактометрического, потенциометрического, спектрофотометрического методов анализа.</p>
Высокий	<p><b>Знает:</b> Способы организации проведения и само проведение приемо-сдаточных анализов при приеме и отпуске нефти и продуктов ее переработки методами испытаний, указанным в нормативном документе на нефтепродукт, стандартными методами.</p> <p><b>Умеет:</b> использовать знание методов и способов проведения лабораторных и научных исследований различных соединений нефтехимических производств и материалов на их основе для решения задач профессиональной деятельности</p> <p><b>Владеет:</b> Навыками разработки методик и инструкций по текущему контролю лабораторного оборудования, в том числе по экспресс-анализам на рабочих местах</p>

**Оценка уровня сформированности профессиональной компетенции**

Профессиональная компетенция будет считаться сформированной на **пороговом** уровне при наличии правильных ответов по тестам от 45 до 60%.

Профессиональная компетенция будет считаться сформированной на **продвинутом** уровне при наличии правильных ответов по тестам от 61% до 80%.

Профессиональная компетенция будет считаться сформированной на **высоком** уровне при наличии правильных ответов по тестам более 80%.

*Примеры типовых контрольных заданий для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины, а также для контроля самостоятельной работы обучающегося по отдельным разделам дисциплин.*

#### Текущий контроль

##### Вопросы по теме «Оптические методы анализа»

1. Что служит критерием соблюдения основного закона светопоглощения? Какие причины вызывают отклонения от этого закона?
2. Какая разница между истинным и средним молярными коэффициентами поглощения?
3. Представьте графически зависимости: а)  $A=f(C)$ ;  $T=f(C)$ ;  $\epsilon=f(C)$ ;  $A=f(l)$ ;  $T=f(l)$ ;  $\epsilon=f(l)$ .
4. Показать, что любая линейная комбинация оптических плотностей при нескольких длинах волн, при которых вещество подчиняется основному закону светопоглощения, пропорциональна концентрации вещества в растворе.
5. Какую величину используют для сравнительной оценки чувствительности фотометрической реакции?
6. Какие фотометрические реакции используются для определения кремния, титана, ванадия, хрома, марганца, железа, кобальта, никеля, меди? Укажите формулы фотометрируемых соединений.
7. В каких случаях следует измерять оптические плотности анализируемых растворов относительно растворителя, а в каких случаях – относительно растворов контрольного опыта?
8. В спектре  $MnO_4^-$  наблюдаются три полосы поглощения: 225 ( $\epsilon=3 \cdot 10^3$ ), 310 ( $\epsilon=1.5 \cdot 10^3$ ) и 528нм ( $\epsilon=2.9 \cdot 10^3$ ). Оцените возможность определения марганца в стали при указанных длинах волн, если растворение стали и окисление марганца проводят в азотной кислоте.
9. При фотометрическом определении железа и кобальта в виде тиоцианатных комплексов используют водно-ацетоновые или водно-этанольные среды. Почему прибавление ацетона (этанола) улучшает метрологические характеристики анализа?
10. Расчет относительной погрешности фотометрических измерений основан на формуле Туаймена-Латиана  $\Delta A/A=0.4343\Delta T/AT$ . При каких допущениях и как была получена эта формула?
11. Каковы оптимальные интервалы измерения величин пропускания и оптической плотности? Чем они определяются? При каком значении  $A$  относительная погрешность измерения оптической плотности минимальна?
12. В каких случаях применяется дифференциальный спектрофотометрический метод?
13. На использовании каких законов основан спектрофотометрический метод определения констант равновесия?

##### Вопросы по теме «Потенциометрия»

1. Вычислить потенциал медного электрода, помещенного в раствор нитрата меди, относительно насыщенного хлорсеребряного электрода, если в 150 мл раствора содержится 24,2 г  $Cu(NO_3)_2 \cdot 3H_2O$ .
2. Потенциал хингидронного электрода по отношению к нормальному каломельному электроду равен 0,170 В при 20°C. Вычислить рН раствора.
3. Вычислить потенциал водородного электрода, опущенного в раствор 0,5М НСООН, на 50% оттитрованный КОН.
4. Вычислить потенциал платинового электрода, помещенного в раствор  $FeSO_4$ , на 99% оттитрованного раствором  $KMnO_4$ .
5. Э.д.с. гальванического элемента из платинового электрода в растворе, содержащем  $Fe(III)$  и  $Fe(II)$ , и насыщенного каломельного электрода (НКЭ) равна 0,558В. Каково соотношение  $Fe(III)/Fe(II)$ ?

6. Потенциал серебряного электрода в растворе соли серебра равен 0,434 В (относительно стандартного водородного электрода). Какова равновесная концентрация ионов серебра, если  $E^{\circ}_{\text{Ag}^+/\text{Ag}}$  равен 0,799В?
7. Навеску массой 0,5000 г  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (молекулярная масса 278,05) растворили в 100 мл 1М  $\text{HCl}$ . Потенциал платинового электрода, погруженного в этот раствор равен 0,320 В (относительно насыщенного каломельного электрода). Рассчитать массовую долю (%)  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  в препарате. Молекулярная масса  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  равна 399,88;  $E^{\circ}_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}}$  в 1М  $\text{HCl}$  равен 0,457 В.
8. Для измерения рН кислого раствора использовали ячейку:  $\text{НКЭ} \parallel \text{H}^+ (\text{xM})$ ; хингидрон (нас.) Pt. В условиях эксперимента (25°C) э.д.с. ячейки равна 0,313 В. Каков рН анализируемого раствора, если  $E_{\text{НКЭ}}=0,246\text{В}$ ,  $E^{\circ}_{\text{Q},2\text{H}^+/\text{H}_2\text{Q}}=0,699\text{В}$ ? (Q-хинон,  $\text{H}_2\text{Q}$ - гидрохинон).
9. Рассчитать потенциал стеклянного электрода в растворе при рН 5,0 по отношению к хлорсеребряному электроду.  $E^{\circ}$  стеклянного электрода при 20°C равен 0,358 В,  $E^{\circ}_{\text{хлорсеребр.}}=0,201\text{В}$ .
10. Рассчитать концентрацию  $\text{Cl}^-$  в растворе, если хлорсеребряный электрод, погруженный в раствор, имеет потенциал (по отношению к насыщенному каломельному электроду) равный 0,208 В. Для хлорсеребряного электрода  $E^{\circ}$  равен 0,290В.
11. Рассчитать потенциал платинового электрода (по насыщенному каломельному) в растворе  $\text{FeSO}_4$ , оттитрованном раствором  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  на 50%, на 90%, на 99% и на 101%; концентрация  $\text{HCl}$  - 1н.
12. Рассчитать потенциал серебряного электрода в растворе с активностью иодид-ионов, равной 1, и насыщенном  $\text{AgI}$ .

### Контрольные задания к разделу «Вольтамперометрия»

1. Для восходящей части обратимой полярографической волны ( $c=1,0 \cdot 10^{-3}\text{М}$ ) при 25°C получены следующие данные:
- |                 |        |        |        |        |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|
| $E, \text{В}$   | -0,395 | -0,406 | -0,422 | -0,445 |
| $I, \text{мкА}$ | 0,56   | 1,13   | 2,20   | 3,40   |
- Предельный диффузионный ток 3,78 мкА,  $m=1\text{ мг/с}$ ,  $t=1\text{ с}$ . Какую информацию можно получить из этих данных?
2. На фоне 0,1М  $\text{KNO}_3$   $\text{Pb(II)}$  образует на РКЭ волну с  $E_{1/2}=-0,405\text{ В}$  (НКЭ). В присутствии органического лиганда  $\text{A}^-$  получены следующие данные
- |                          |        |        |        |        |
|--------------------------|--------|--------|--------|--------|
| $c_{\text{A}}, \text{М}$ | 0,020  | 0,060  | 0,1000 | 0,300  |
| $E_{1/2}, \text{В}$      | -0,473 | -0,507 | -0,516 | -0,547 |
- Каково соотношение металл : лиганд в комплексе, какова константа его устойчивости?
3. Диффузионный ток, измеренный при  $t=5\text{ с}$ , равен 6,0 мкА. Какова будет его величина при  $t=3\text{ с}$ ?
4. Диффузионный ток в  $1,0 \cdot 10^{-3}\text{ М}$  растворе  $\text{M(II)}$  равен 6,20 мкА. Характеристики капилляра:  $m=2\text{ мг/с}$ ,  $t=5\text{ с}$ . Рассчитайте коэффициент диффузии  $\text{M(II)}$ .
5. На фоне 1М  $\text{HCl}$   $\text{Cd(II)}$  образует волну с  $E_{1/2}=-0,64\text{ В}$  (НКЭ). В  $5,0 \cdot 10^{-3}\text{ М}$  растворе предельный диффузионный ток равен 3,96 мкА ( $m=2,5\text{ мг/с}$ ,  $t=3,02\text{ с}$ ). Рассчитайте константу диффузионного тока ( $K_d$ ) и коэффициент диффузии.
6. Полярограммы 50,00 мл  $5,0 \cdot 10^{-4}\text{ М}$  раствора  $\text{Cd(II)}$  снимали одну за другой в течение 30 мин. Предельный диффузионный ток равен 4,0 мкА. Рассчитайте долю  $\text{Cd(II)}$ , восстановившегося за это время до  $\text{Cd(0)}$ .
7. Ожидается, что в процессе восстановления кетона может участвовать один или два электрона. Для  $1,0 \cdot 10^{-3}\text{ М}$  раствора кетона предельный диффузионный ток равен 6,80 мкА ( $D=5 \cdot 10^{-6}\text{ см}^2 \cdot \text{с}^{-1}$ ,  $m=2\text{ мг/с}$ ,  $t=5\text{ с}$ ). Рассчитайте число электронов.
8. Каково соотношение высот: а) волн на классической подпрограмме;

- б) пиков на переменного-токовой полярограмме восстановления  $A(III) \rightarrow A(0)$  и  $B(II) \rightarrow B(0)$  в смеси при равных концентрациях и  $D_A \approx D_B$ .
9. На фоне  $0,1M NaClO_4$  деполаризаторы  $A(III)$  и  $B(II)$  образуют обратимые волны с  $E_{1/2} = -0,05V$  и  $-0,30 V$ . При добавлении  $HC1$  до конечной концентрации  $1M$  образуются хлоридные комплексы  $A$  ( $lg\beta_1 = 3,05$ ;  $lg\beta_2 = 5,8$ ;  $lg\beta_3 = 7,85$ ;  $lg\beta_4 = 9,05$ ). Какой из этих фонов пригоден для определения  $A$  и  $B$  в смеси 1:1: а) методом классической полярографии, б) методом переменного-токовой полярографии?
  10. На фоне  $0,1 M KNO_3$  с  $pH 5,00$   $E_{1/2}$  для  $Tl(I)$  и  $Pb(II)$  равны  $-0,50 V$  и  $-0,46 V$ . Возможно ли их одновременное определение методом классической полярографии: а) в этом фоне, б) после прибавления ЭДТА до концентрации  $0,05 M$  ( $pH 5,00$ )?  $lg\beta_{PbY_2} = 18,0$ ;  $\alpha Y^{4-} = 3,5 \cdot 10^{-7}$  при  $pH 5,00$ .
  11. Полярографически необходимо определять: а) содержание  $CH_2O$  и  $CH_3CHO$  в вине (50 проб ежедневно); б) содержание 2,4,4-тринитротолуола в образцах цемента (3-5 проб в месяц); в) содержание токсичного кетона в антибиотике (анализ проводят в лаборатории контроля качества на производственной линии). В каких случаях (и почему?) нужно использовать метод добавок, а в каких пригоден метод градуировочного графика?
  12. Волна восстановления  $CrO_4^{2-}$  до  $Cr(III)$  имеет  $E_{1/2} = -0,30 V$ , а волна восстановления  $Cr(III)$  до  $Cr(0)$  -  $1,40 V$ . На полярограмме сточной воды предельный ток при  $-0,70 V$  равен  $10,5 \mu A$ , а при  $-1,80 V$ ,  $42,0 \mu A$ . Рассчитайте соотношение концентраций  $CrO_4^{2-}$  и  $Cr(III)$  в анализируемой воде, приняв коэффициенты диффузии равными. Нарисуйте полярограмму.

### Вопросы для зачета

1. Классификация физико-химических методов анализа
2. Сущность фотометрического метода анализа. Закон Бугера – Ламберта – Бера. Основные параметры фотометрического определения. Приемы фотометрических измерений. Области применения метода.
3. Сущность потенциометрического метода анализа. Виды потенциометрического анализа. Что представляют собой электроды I и II рода. Привести примеры этих электродов. Области применения метода.
4. Сущность нефелометрического и турбидиметрического методов анализа. Понятие молярного коэффициента мутности раствора. Зависимость интенсивности рассеянного света от концентрации взвешенных частиц. Закон Рэлея.
5. Сущность кулонометрического метода анализа. Понятие удельной и молярной электропроводности, их зависимость от концентрации электролита. Области применения метода.
6. Сущность кондуктометрического метода анализа. Что такое электрическая проводимость растворов? Понятие удельной и эквивалентной проводимости, их взаимосвязь. На чем основан метод прямой кондуктометрии. Области применения метода.
7. Сущность метода пламенной эмиссионной спектроскопии. Достоинства этого метода анализа и области его применения.
8. Сущность метода атомно-абсорбционного спектрального анализа. Уравнение концентрационной зависимости оптической плотности. Методы, применяемые в практике атомно-абсорбционного спектрального анализа. Практическое применение.
9. Сущность потенциометрического метода анализа. Виды потенциометрического анализа. Уравнение Нернста. Изобразите примерный вид кривой потенциометрического титрования азотной кислоты раствором гидроксида натрия. Укажите точку эквивалентности, поясните ход каждого участка кривой. Области применения метода.

10. Сущность рефрактометрического метода анализа. Что такое показатель преломления? От чего зависит показатель преломления? Области применения метода.
11. Сущность хроматографического метода анализа. Классификация методов хроматографии. Уравнение Лэнгмюра.
12. Сущность потенциометрического метода анализа. Стеклоэлектрод, электродная реакция, протекающая на нем. Измерение pH со стеклянным электродом, уравнение отвечающее этому процессу.
13. Классификация оптических методов анализа. Сущность фотометрического метода анализа. Основной закон светопоглощения. Молярный коэффициент светопоглощения, его физический смысл
14. Сущность хроматографического метода анализа. Тонкослойная хроматография. Основные характеристики ТСХ. Области применения метода ТСХ.
15. Сущность полярографического метода анализа. Потенциал полуволны, его зависимость от среды, природы и концентрации электролита. Уравнение Ильковича.
16. Сущность фотометрического метода анализа. Закон Бугера – Ламберта – Бера. Основные параметры фотометрического определения. Приемы фотометрических измерений. Области применения метода.
17. Сущность полярографического метода анализа. Амперометрическое титрование. Основные типы реакций в амперометрическом титровании. Применение метода.

#### **14. Образовательные технологии**

В рамках учебного курса предусмотрено чтение проблемных лекций по следующим темам «Спектроскопия», «Потенциометрия», «Поляриметрия», «Рефрактометрия», (не менее 30%), чтение лекций с применением мультимедийных технологий по темам «Полярография», «Оптические методы анализа», (100 %), проведение практикумов с разбором конкретных ситуаций по темам «Потенциометрическое титрование», «Расчеты в оптических методах», «Поляриметрия и рефрактометрия».

Такие занятия, в сочетании с внеаудиторной самостоятельной работой, должны формировать и развивать профессиональные навыки обучающегося.

Учебным управлениям (отделам) вузов и кафедрам, ведущим образовательный процесс по дисциплине необходимо: сформировать вариативное расписание проведения обучения по отдельным учебно-образовательным модулям дисциплины различными преподавателями; обеспечить углубленную научную, практическую и методическую подготовку преподавателей, специализирующихся на проведении занятий по отдельным модулям. Студенты перед началом изучения дисциплины должны быть ознакомлены с системами и балльно-рейтинговой оценки, которые должны быть опубликованы и размещены на сайте вуза или кафедры. В учебном процессе рекомендуется внедрение субъект-субъектной педагогической технологии, при которой в расписании каждого преподавателя определяется время консультаций студентов по закреплению за ним модулю дисциплины.

Практикумы, тренинги и обучающие игры являются формой индивидуально-группового и практико-ориентированного обучения на основе реальных или модельных ситуаций применительно к виду и профилю профессиональной деятельности обучающегося. Преподаватель при проведении занятий этих форм выполняет не роль руководителя, а функцию консультанта, советника, тренера, который лишь направляет коллективную работу студентов на принятие правильного решения. Занятие осуществляется в диалоговом режиме, основными субъектами которого являются студенты.

#### **15. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

*(позиции раздела нумеруются сквозной нумерацией и на них осуществляются ссылки из 5-13 разделов)*

*Основная*

1. Хаханина, Т.И. Аналитическая химия : учеб. пособие / Т.И. Хаханина, Н.Г. Никитина. - 3-е изд., испр. и доп. - М.: Юрайт : ИД Юрайт, 2012. - 278 с. - Допущено Учебно-методич. объединением вузов по университетскому политехническому образованию. Экземпляры всего: 11
2. Отто, М. Современные методы аналитической химии. 3-е изд. – М.: Техносфера, 2008. – 544с. Экземпляры всего: 5
3. Апарнев, А. И. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа: учебное пособие / А. И. Апарнев, А. А. Казакова, Т. П. Александрова. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2018. — 139 с. — ISBN 978-5-7782-3611-0. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/91180.html> (дата обращения: 30.07.2020). — Режим доступа: для авторизир. Пользователей
4. Валова, В. Д. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа / Валова (Копылова) В. Д. - Москва : Дашков и К, 2017. - 200 с. - ISBN 978-5-394-01301-0. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785394013010.html> (дата обращения: 06.08.2021). - Режим доступа : по подписке.

*Дополнительная*

5. Тикунова, И. В. Справочное руководство по аналитической химии и физико-химическим методам анализа : учебное пособие / И. В. Тикунова, Н. В. Дробницкая, А. И. Артеменко и др. - Москва : Абрис, 2012. - 413 с. - ISBN 978-5-4372-0075-9. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента":[сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785437200759.html> (дата обращения: 06.08.2021). -Режим доступа : по подписке.
6. Мельченко Г.Г. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа. Количественный химический анализ [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Мельченко Г.Г., Юнникова Н.В.— Электрон. текстовые данные.— Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2005.— 104 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/14351>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю.

*Методические указания*

7. Неверная О.Г. Оптические методы анализа / О.Г. Неверная, Н.А.Окишева, И.Г.Остроумов. Учебно-методическое пособие. – Энгельс: Изд-во ЭТИ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А., 2016. – 38 с. Режим доступа: <http://techn.sstu.ru/WebLib/22540.pdf>
8. Окишева Н.А. Титриметрические методы анализа / Н.А. Окишева, О.Г. Неверная, С.В.Маркина. Учебно-методическое пособие. – Энгельс: Изд-во ЭТИ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А., 2016. – 55 с. Режим доступа: <http://techn.sstu.ru/WebLib/33071.pdf>
9. Окишева Н.А. Потенциометрия / Н.А. Окишева, О.Г. Неверная, А.С.Мостовой. Методические указания к лабораторным работам по дисциплинам «Аналитическая химия», «Аналитическая химия и физико-химические методы анализа», «Физико-химические методы анализа» –Энгельс: Изд-во ЭТИ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А., 2016. – 33 с. Режим доступа: <http://techn.sstu.ru/WebLib/22858.pdf>

### **Программное обеспечение и Интернет-ресурсы**

Институт имеет электронные версии учебников, пособий, методических разработок, указаний и рекомендаций по всем видам учебной работы, предусмотренным рабочей программой, находящиеся в свободном доступе для студентов, обучающихся в вузе.

14. [www.chem.msu.su](http://www.chem.msu.su)
15. <http://www.chemistry.ssu.samara.ru>
16. Источники ИОС <http://techn.sstu.ru>

## 16. Материально-техническое обеспечение

### **Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, текущего контроля и промежуточной аттестации, групповых и индивидуальных консультаций**

Укомплектована специализированной мебелью и техническими средствами обучения: 18 рабочих мест обучающихся; рабочее место преподавателя; классная доска; проекционный экран; мультимедийный проектор; компьютер, подключенный к Интернет; демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по рабочей программе дисциплины.

Программное обеспечение: Microsoft Windows 7, Microsoft Office 2010 (Word, Excel, PowerPoint), GoogleChrome.

### **Учебная аудитория аналитической химии для проведения занятий лабораторного типа**

Укомплектована оборудованием:

Столы и стулья с количеством посадочных мест 20, доска для написания мелом

1. Иономер И-500
2. Колориметр КФК-2, КФК-3
3. Кондуктомер Эксперт-002
4. РН-метр-милливольтметр-410
5. Прибор РН 637м-17-14
6. Прибор Т-107 титратор
7. Поляриметр круговой СМ-3
8. Рефрактометр ИРФ-454
9. Спектрофотометр СФ-26
10. Колбонагреватели: ESF-4100, ПЭ-0316;
11. Весы теххимические цифровые SCOUT SPU202;
12. Рефрактометр УРЛ лабораторный, универсальный с поверкой;
13. Сушилка лабораторная SUP-4
14. Потенциометр Р-307
15. Весы аналитические WA-31
16. Прибор РН-метр 340 17. Титровальные установки
18. Штативы
19. Электроплитка
20. Сушильный шкаф 2В-151

Автор(ы)



к.х.н. Неверная О.Г.