

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич
Должность: врио ректора
Дата подписания: 14.07.2025 14:19:33
Уникальный программный ключ:
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

ФГБОУ ВО «ТВЕРСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Утверждаю:

Руководитель ООП

Феофанова М.А.

14 мая 2025г.



Рабочая программа дисциплины

Фотометрия пламени

Закреплена за кафедрой:	Неорганической и аналитической химии
Направление подготовки:	04.03.01 Химия
Направленность (профиль):	Экспертная и медицинская химия
Квалификация:	Бакалавр
Форма обучения:	очная
Семестр:	8

Программу составил(и):

канд. хим. наук, доц., Минина Мария Владимировна

Тверь, 2025

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели освоения дисциплины (модуля):

Подготовка специалистов, владеющих теоретическими основами и практическими приемами фотометрии пламени

Задачи:

Подготовить студентов, умеющих реализовать возможности, заложенные в аппаратуру для проведения анализа по фотометрии пламени, умеющих реализовать уже разработанные методики этого вида анализа

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Цикл (раздел) ОП: Б1.В

Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Физическая химия

Физика

Неорганическая химия

Аналитическая химия

Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:

Преддипломная практика

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость	4 ЗЕТ
Часов по учебному плану	144
в том числе:	
аудиторные занятия	55
самостоятельная работа	22
часов на контроль	27

4. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

ПК-1.1: Планирует отдельные стадии исследования при наличии общего плана НИР

ПК-1.2: Выбирает технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач НИР

ПК-1.3: Готовит объекты исследования

ПК-2.1: Проводит первичный поиск информации по заданной тематике (в т.ч., с использованием патентных баз данных)

ПК-2.2: Анализирует и обобщает результаты патентного поиска по тематике проекта в выбранной области химии (химической технологии)

5. ВИДЫ КОНТРОЛЯ

Виды контроля в семестрах:	
экзамены	8

6. ЯЗЫК ПРЕПОДАВАНИЯ

Язык преподавания: русский.

7. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занят.	Наименование разделов и тем	Вид занятия	Семестр / Курс	Часов	Источники	Примечание
	Раздел 1. Введение					
1.1	Введение	Лек	8	2	Э1	
	Раздел 2. Пламенно-эмиссионный анализ					
2.1	Пламенно-эмиссионный анализ	Лек	8	10	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1	
2.2	Пламенно-эмиссионный анализ	Лаб	8	18	Л1.2 Э1	
2.3	Пламенно-эмиссионный анализ	Ср	8	11	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1	
	Раздел 3. Пламенно-абсорбционный анализ					
3.1	Пламенно-абсорбционный анализ	Лек	8	10	Л1.1Л2.1 Э1	
3.2	Пламенно-абсорбционный анализ	Лаб	8	15	Л1.2 Э1	
3.3	Пламенно-абсорбционный анализ	Ср	8	11	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1	
	Раздел 4. Контроль					
4.1	Контроль	Экзамен	8	27	Э1	

Образовательные технологии**1. Введение:**

Информационные (цифровые) технологии

Активное слушание

2. Пламенно-эмиссионный анализ:

Дискуссионные технологии (форум, симпозиум, дебаты, аквариумная дискуссия, панельная дискуссия, круглый стол, фасилитированная и т.д.)

Информационные (цифровые) технологии

Технологии развития критического мышления

Активное слушание

3. Пламенно-абсорбционный анализ:

Дискуссионные технологии (форум, симпозиум, дебаты, аквариумная дискуссия, панельная дискуссия, круглый стол, фасилитированная и т.д.)

Информационные (цифровые) технологии

Технологии развития критического мышления

Активное слушание

Список образовательных технологий

1	Дискуссионные технологии (форум, симпозиум, дебаты, аквариумная дискуссия, панельная дискуссия, круглый стол, фасилитированная и т.д.)
---	--

2	Информационные (цифровые) технологии
3	Технологии развития критического мышления
4	Активное слушание

8. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

8.1. Оценочные материалы для проведения текущей аттестации

Оценочные материалы для проведения текущей аттестации приведены в приложении

2.

8.2. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации

Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации приведены в приложении 2.

8.3. Требования к рейтинг-контролю

Требования к рейтинг-контролю

Лабораторная работа №1

Выполнение практической (экспериментальной) задачи – 3 балла

Объяснение теоретических основ данной работы – 1 балла

Собеседование по одному из заданий для самостоятельной работы -1 балл

Решение задачи на тему данной лабораторной работы – 1 балл

Лабораторная работа №2

Выполнение практической (экспериментальной) задачи – 3 балла

Объяснение теоретических основ данной работы – 1 балла

Собеседование по одному из заданий для самостоятельной работы -1 балл

Решение задачи на тему данной лабораторной работы – 1 балл

Лабораторная работа №3

Выполнение практической (экспериментальной) задачи – 3 балла

Объяснение теоретических основ данной работы – 1 балла

Собеседование по одному из заданий для самостоятельной работы -1 балл

Решение задачи на тему данной лабораторной работы – 1 балл

Лабораторная работа №4

Выполнение практической (экспериментальной) задачи – 3 балла

Объяснение теоретических основ данной работы – 1 балла

Собеседование по одному из заданий для самостоятельной работы -1 балл

Решение задачи на тему данной лабораторной работы – 1 балл

Лабораторная работа №5

Выполнение практической (экспериментальной) задачи – 3 балла

Объяснение теоретических основ данной работы – 1 балла

Собеседование по одному из заданий для самостоятельной работы -1 балл

Решение задачи на тему данной лабораторной работы – 1 балл

Первая контрольная точка 30 баллов

2 МОДУЛЬ

Лабораторная работа №6

Выполнение практической (экспериментальной) задачи – 3 балла

Объяснение теоретических основ данной работы – 1 балла

Собеседование по одному из заданий для самостоятельной работы -1 балл

Лабораторная работа №7

Выполнение практической (экспериментальной) задачи – 3 балла

Объяснение теоретических основ данной работы – 1 балла

Собеседование по одному из заданий для самостоятельной работы -1 балл

Лабораторная работа №8

Выполнение практической (экспериментальной) задачи – 4 балла

Объяснение теоретических основ данной работы – 3 балла	
Собеседование по одному из заданий для самостоятельной работы -1 балл	
Решение задачи на тему данной лабораторной работы – 1 балл	
Премияльный баллы за качество и творческий подход при выполнении лабораторной работы – 1 балл	
Лабораторная работа №9	
Выполнение практической (экспериментальной) задачи – 4 балла	
Объяснение теоретических основ данной работы – 2 балла	
Собеседование по одному из заданий для самостоятельной работы -2 балл	
Решение задачи на тему данной лабораторной работы – 1 балл	
Премияльный баллы за качество и творческий подход при выполнении лабораторной работы – 1 балл	
Вторая контрольная точка	30
баллов	
Экзамен – итоговое тестирование по теме	40 баллов
Итого за семестр	100 баллов

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

9.1. Рекомендуемая литература

9.1.1. Основная литература

Шифр	Литература
Л1.1	Рябухин Ю. И., Электронная абсорбционная спектроскопия в органической химии, Санкт-Петербург: Лань, 2024, ISBN: 978-5-507-47519-3, URL: https://e.lanbook.com/book/385088
Л1.2	Звеков А. А., Невоструев В. А., Каленский А. В., Спектральные методы исследования в химии, Кемерово: КемГУ, 2015, ISBN: 978-5-8353-1823-0, URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=69980

9.1.2. Дополнительная литература

Шифр	Литература
Л2.1	Черкасова Е. В., Теоретические и экспериментальные методы исследования в химии, Кемерово: КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2017, ISBN: 978-5-906969-33-0, URL: https://e.lanbook.com/book/115183

9.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

Э1	eLIBRARY.RU : научная электронная библиотека : сайт. - Москва, 2000. - URL: https://elibrary.ru (дата обращения: 09.07.2019). - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст: электронный: http://elibrary.ru/
----	--

9.3.1 Перечень программного обеспечения

1	Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows
2	Adobe Acrobat Reader
3	Google Chrome
4	WinDjView
5	OpenOffice
6	Foxit Reader

9.3.2 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1	Репозиторий ТвГУ
2	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (подписка на журналы)
3	ЭБС ТвГУ
4	ЭБС BOOK.ru
5	ЭБС «Лань»
6	ЭБС IPRbooks
7	ЭБС «Университетская библиотека онлайн»
8	ЭБС «ЮРАИТ»
9	ЭБС «ZNANIUM.COM»

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Аудит-я	Оборудование
3-406	комплект учебной мебели, весы, лабораторные иономеры, портативные pH-метры, потенциостат-гальваностат, сканер, шкафы, компьютеры, гиря

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Методические указания приведены в приложении 1

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине 1. Содержание дисциплины. 2. Методические материалы для работы на лабораторных занятиях. 3. Методические материалы для подготовки к экзамену. 1. Содержание дисциплины Классификация методов анализа по фотометрии пламени. Области применения. Общая схема аппаратной реализации этих методов анализа. Основные понятия в пламенно-эмиссионной фотометрии. Общая схема основных процессов. Распыление анализируемого раствора. Основные виды распылителей, принципы их работы, конструктивные особенности, требования, предъявляемые к ним. Пламена, используемые в пламенно-эмиссионной фотометрии. Условия образования и структура пламен. Основные параметры пламен и их влияние на результаты анализа. Горелки, используемые в пламенно-эмиссионном анализе, их устройство, основные характеристики. Физико-химические процессы, происходящие в пламени при пламенно-эмиссионном анализе. Общая схема процессов. Излучение света в пламени. Атомные, молекулярные, сплошные спектры. Зависимость между интенсивностью излучения и концентрацией элементов в растворе. Фотометры и спектрофотометры для эмиссионного метода. Типы приборов, их характеристики и область применения, их основные узлы. Техника фотометрирования. Рабочая область концентраций. Измерение с помощью: градуировочной кривой, метода ограничивающих растворов, метода добавок. Выбор пламени. Основные понятия. Общая схема основных процессов. Физико-химические процессы в абсорбционном методе. Поглощение света в пламени. Непламенные методы атомизации. Фотометры для абсорбционного метода. Типы приборов. Источники излучения: лампы с полым катодом, лампы с парами металлов. Монохроматоры, приемники, излучения, усилители, регистрирующие приборы. Техника фотометрирования. Выбор пламени. Измерение концентрации раствора пробы. Использование

электротермической атомизации для абсорбционного метода.

2. Методические материалы для работы на лабораторных занятиях

Перечень лабораторных работ

1. Ознакомление с правилами работы на пламенном спектрофотометре. Поиск оптимальных параметров работы пламенного фотометра для анализа Li, K, Na.
2. Качественный анализ раствора на присутствие Li, K, Na.
3. Определение содержания Li (K, Na,) методом градуировочной кривой
4. Определение содержания Li (K, Na, Ca) методом добавок
5. Определение содержания Na и K в образце минеральной воды
6. Оценка качества калийного удобрения (по содержанию калия)
7. Ознакомление с правилами работы на атомно-абсорбционном спектрофотометре. Выбор оптимальных параметров для определения содержания в растворе Ag.
8. Определение содержания серебра методом атомно-абсорбционной спектроскопии в пробе сплава.
9. Определение содержания Fe, Ni в сплаве

3. Методические материалы для подготовки к экзамену.

Программа итогового экзамена

1. Классификация методов анализа по фотометрии пламени. Области применения. Общая схема аппаратной реализации этих методов анализа.
2. Основные понятия в пламенно-эмиссионной фотометрии. Общая схема основных процессов. Распыление анализируемого раствора. Основные виды распылителей, принципы их работы, конструктивные особенности, требования, предъявляемые к ним.
3. Пламена, используемые в пламенно-эмиссионной фотометрии. Условия образования и структура пламен. Основные параметры пламен и их влияние на результаты анализа. Горелки, используемые в пламенно-эмиссионном анализе, их устройство, основные характеристики.
4. Физико-химические процессы, происходящие в пламени при пламенно-эмиссионном анализе. Общая схема процессов. Излучение света в пламени. Атомные, молекулярные, сплошные спектры. Зависимость между интенсивностью излучения и концентрацией элементов в растворе.
5. Фотометры и спектрофотометры для эмиссионного метода. Типы приборов, их характеристики и область применения, их основные узлы.
6. Техника фотометрирования. Рабочая область концентраций. Измерение с помощью: градуировочной кривой, метода ограничивающих растворов, метода добавок. Выбор пламени.
7. Основные понятия. Общая схема основных процессов. Физико-химические процессы в абсорбционном методе. Поглощение света в пламени. Непламенные методы атомизации.
8. Фотометры для абсорбционного метода. Типы приборов. Источники излучения: лампы с полым катодом, лампы с парами металлов. Монохроматоры, приемники, излучения, усилители, регистрирующие приборы.
9. Техника фотометрирования. Выбор пламени. Измерение концентрации раствора пробы. Использование электротермической атомизации для абсорбционного метода.

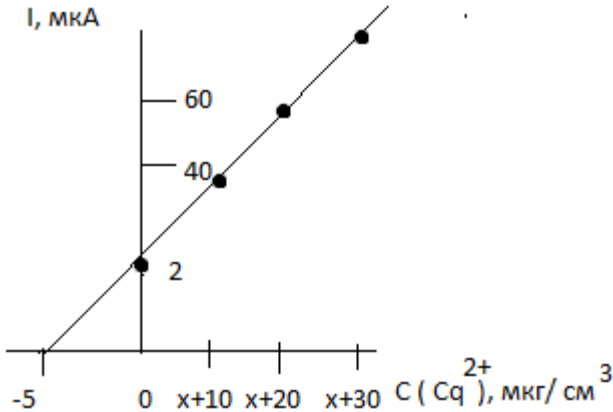
ПРИЛОЖЕНИЕ 2

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ			
5.1. Оценочные материалы для проведения текущей аттестации			
Типовые контрольные задания для проверки уровня сформированности компетенции ПК-1			
Способен выбирать и использовать технические средства и методы испытаний для решения исследовательских задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации			
Номер задания	Правильный ответ (ключ)	Содержание вопроса/задания	Критерии оценивания заданий
Задания закрытого типа			
1	1	Метод эмиссионной пламенной спектрометрии основан на 1) измерении интенсивности света, излучаемого возбужденными атомами или молекулами при введении вещества в	1 балл за правильный ответ

		пламя 2) измерении поглощения резонансного излучения атомами определяемого элемента 3) измерении переизлучения световой энергии, поглощенной свободными атомами 4) измерении свечения атомов, ионов, молекул или других более сложных центров, возникающего в результате электронного перехода в этих частицах при их возвращении из возбужденного состояния в нормальное.		
2	3	В основе количественного анализа лежит спектральной линии 1) положение 2) полуширина 3) интенсивность	1 балл за правильный ответ	
3	4	Какая газовая смесь позволяет получить наиболее высокую температуру пламени? 1) ацетилен - воздух 2) ацетилен - кислород 3) светильный газ - воздух 4) водород - кислород	1 балл за правильный ответ	
4	1	Спектр самого пламени представляет собой 1) спектр молекулярных частиц (C_2 , CH , OH , HCO , CO , CO_2 , H_2O) 2) спектр атомов (C , H , O) 3) спектры молекул и атомов	1 балл за правильный ответ	
5	3	В серийных пламенных фотометрах используется следующий способ введения в пламя анализируемого вещества 1) нанесение капель анализируемого раствора на горячий графитовый стержень 2) диспергированием анализируемого раствора с помощью ультразвука 3) диспергирование анализируемого раствора пневматическим способом 4) с помощью фульгураторов	1 балл за правильный ответ	
Задания открытого типа				
6	Для определения калия методом градуировочного графика приготовили серию стандартных растворов KCl и провели их фотометрирование в пламени. Результаты фотометрирования:		3 балла	

	<table><tr><td>C(K), мг/л</td><td>1,0</td><td>2,0</td><td>4,0</td><td>6,0</td><td>8,0</td><td>10,0</td></tr><tr><td>Показания прибора</td><td>12</td><td>23</td><td>50</td><td>71</td><td>92</td><td>122</td></tr></table> Навеску образца соли 0,2548 г растворили в 100 мл дистиллированной воды. Аликвоту раствора 10 мл поместили в колбу вместимостью 250 мл и довели до метки дистиллированной водой. Полученный раствор фотометрировали при тех же условиях, что и стандартные растворы, отсчет составил 82 ед. Определить содержание калия в образце (%).	C(K), мг/л	1,0	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0	Показания прибора	12	23	50	71	92	122		
C(K), мг/л	1,0	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0											
Показания прибора	12	23	50	71	92	122											
Правильный ответ (ключ): 1. Построим градуировочный график. По графику определим концентрацию калия, соответствующую отсчету 82 ед – она составляет 6,8 мг/л. 2. Так как исходный раствор соли перед измерением был разбавлен, то с учетом разбавления: $C_1V_1 = C_2V_2$ $C_{\text{исх}}(\text{K}) \cdot 10 = 6,8 \cdot 250$ $C_{\text{исх}}(\text{K}) = 170,0 \text{ (мг/л)}.$ Рассчитаем массу калия в исходном растворе (и, соответственно, в растворенной навеске): $m(\text{K}) = C_{\text{исх}}(\text{K}) \cdot V_{\text{р-ра}} = 170,0 \cdot 0,1 = 17,0 \text{ (мг)}.$ 3. Содержание калия в образце: $\omega(\text{K}) = (m(\text{K}) / m_{\text{навески}}) \cdot 100\% = (17,0 \cdot 10^{-3} / 0,2548) \cdot 100\% = 6,67\%.$ <u>Ответ:</u> $\omega(\text{K}) = 6,67\%$		1 балл 1 балл 1 балл Итого: 3 балла															
7	Для определения калия в удобрении методом двух добавок навеску удобрения 0,2146 г растворили в 200,0 мл дистиллированной воды. В три мерные колбы вместимостью 50,0 мл поместили по 15,0 мл этого раствора. Во вторую и третью колбы добавили соответственно 5,0 и 10,0 мл стандартного раствора, полученного растворением 0,1525 г KCl в 100 мл дистиллированной воды. Все растворы довели до метки и измерили интенсивность излучения калия в пламени. Результаты фотометрирования: <table><tr><td>I_x</td><td>$I_{x+ст1}$</td><td>$I_{x+ст2}$</td></tr><tr><td>38</td><td>62,5</td><td>87</td></tr></table> Определить массовую долю калия в удобрении.	I_x	$I_{x+ст1}$	$I_{x+ст2}$	38	62,5	87	3 балла									
I_x	$I_{x+ст1}$	$I_{x+ст2}$															
38	62,5	87															
Правильный ответ (ключ): 1. Рассчитаем концентрацию стандартного раствора, моль/л: $C^\circ(\text{KCl}) = m(\text{KCl}) / (M(\text{KCl}) \cdot V_{\text{р-ра}})$ $C^\circ(\text{KCl}) = 0,1525 / (74,5513 \cdot 0,1) = 0,0205 \text{ (моль/л)}.$		1 балл															

	Рассчитаем концентрации добавки в фотометрируемых растворах с учетом разбавления: $C_{\text{ст1}} = (C^0(\text{KCl}) \cdot V_{\text{ст1}}) / 50 = (0,0205 \cdot 5) / 50 = 2,05 \cdot 10^{-3} (\text{моль/л}).$ $C_{\text{ст2}} = (C^0(\text{KCl}) \cdot V_{\text{ст2}}) / 50 = (0,0205 \cdot 10) / 50 = 4,1 \cdot 10^{-3} (\text{моль/л}).$ Построим график в координатах I–C_{добавки}. Отрезок, отсекаемый прямой по оси абсцисс, соответствует концентрации KCl в анализируемом растворе. Таким образом, C_x(KCl) = 3,20 · 10⁻³ моль/л. 2. Так как исходный раствор, приготовленный из навески удобрения, был разбавлен для измерений, то рассчитаем его концентрацию с учетом проведенного разбавления: $C_{\text{исх}}(\text{KCl}) = (C_x(\text{KCl}) \cdot 50) / 15 = (3,20 \cdot 10^{-3} \cdot 50) / 15 = 0,0107 (\text{моль/л}).$ Так как C(K) = C(KCl), рассчитаем массу калия в исходном растворе (т.е. в навеске удобрения): $3. m(\text{K}) = C(\text{K}) \cdot V_{\text{р-ра}} \cdot M(\text{K}) = 0,0107 \cdot 0,2 \cdot 39,0983 = 0,0837 (\text{г}).$ Содержание калия в удобрении: $\omega(\text{K}) = (m(\text{K}) / m_{\text{навески}}) \cdot 100\% = (0,0837 / 0,2146) \cdot 100\% = 39,0\%.$ <u>Ответ:</u> $\omega(\text{K}) = 39,0\%$.	1 балл 1 балл Итого: 3 балла	
8	При определении содержания марганца в легированной стали применили метод сравнения. Навеску стали 4,9912 г растворили в кислоте и довели объем раствора до 250 мл. Для измерений отобрали аликвоту раствора 10 мл, поместили в колбу вместимостью 50 мл и довели объем до метки. При фотометрировании в высокотемпературном пламени интенсивность излучения составила 78 ед. Интенсивность излучения стандартного 3,0 · 10⁻⁴ М раствора MnCl₂ составила 54 ед. Определить содержание марганца в стали (%).	3 балла	
	Правильный ответ (ключ): 1. Так как зависимость интенсивности излучения от концентрации раствора линейна: I=k·C, то для анализируемого и стандартного растворов можно соответственно записать: $I_x = k \cdot C_x,$ $I_{\text{ст}} = k \cdot C_{\text{ст}}.$ Разделив одно уравнение на другое, получим: $I_x / I_{\text{ст}} = C_x / C_{\text{ст}},$ выразим C_x: $C_x = I_x \cdot C_{\text{ст}} / I_{\text{ст}}.$ Подставив данные из условия, получим: $C(\text{Mn}) = 78 \cdot 3,0 \cdot 10^{-4} / 54 = 4,33 \cdot 10^{-4} (\text{моль/л}).$ 2. Так как исходный раствор, приготовленный из навески стали, перед измерением был разбавлен, найдем его концентрацию с учетом разбавления: $C_1 V_1 = C_2 V_2$ $C_{\text{исх}}(\text{Mn}) \cdot 10 = 4,33 \cdot 10^{-4} \cdot 50$ $C_{\text{исх}}(\text{Mn}) = 2,165 \cdot 10^{-3} (\text{моль/л}).$ 3. Рассчитаем массу марганца в исходном растворе (и, соответственно, в растворенной навеске):	1 балл 1 балл 1 балл	

$m(\text{Mn}) = C_{\text{исх}}(\text{Mn}) \cdot V_{\text{пр-ра}} \cdot M(\text{Mn}) = 2,165 \cdot 10^{-3} \cdot 0,25 \cdot 54,938 = 0,0297 \text{ (г)}.$ Содержание марганца в стали: $\omega(\text{Mn}) = (m(\text{Mn}) / m_{\text{навески}}) \cdot 100\% = (0,0297 / 4,9912) \cdot 100\% = 0,60\%.$ <u>Ответ:</u> $\omega(\text{Mn}) = 0,60\%.$		Итого: 3 балла									
9	В спектре пробы между линиями железа $\lambda_1=304.26$ нм и $\lambda_2=304.508$ нм имеется еще одна линия. Вычислить длину волны этой линии λ_x , если на экране спектропроектора она удалена от первой линии железа на 1.5 мм, а от второй – на 2.5 мм.	2 балла									
Правильный ответ (ключ): 1. Вычисляем λ_x , воспользовавшись соотношением: $\lambda_x = \lambda_1 + \frac{\lambda_2 - \lambda_1}{l} l_x,$ где l_x – расстояние от первой линии железа до неизвестной линии; l – расстояние между известными линиями железа. 2. Подставляя данные задачи, получаем: $\lambda_x = 304,266 + (304,508 - 304,266) \cdot 1,5/4,0 = 304.357 \text{ нм}$ <u>Ответ:</u> $\lambda_x = 304.357 \text{ нм}$		1 балл 1 балл									
Итого: 2 балла											
10	В вытяжке из сыра методом фотометрии пламени определили содержание Ca^{2+} . Анализ выполнили методом добавок. Сила фототока при фотометрировании анализируемой пробы (x) равна 17,0 мкА. При добавлении к такому же объему пробы стандартного раствора Ca^{2+} получены следующие данные: <table border="1" data-bbox="333 1225 1112 1384"> <tr> <td>$x + C_{\text{доб}}, \text{мкг/см}^3$</td><td>$x+10,0$</td><td>$x+20,0$</td><td>$x+30,0$</td></tr> <tr> <td>$I, \text{мкА}$</td><td>35,0</td><td>52,0</td><td>70,0</td></tr> </table> Найти содержание Ca^{2+} в вытяжке из сыра (мкг/см^3).	$x + C_{\text{доб}}, \text{мкг/см}^3$	$x+10,0$	$x+20,0$	$x+30,0$	$I, \text{мкА}$	35,0	52,0	70,0	2 балла	
$x + C_{\text{доб}}, \text{мкг/см}^3$	$x+10,0$	$x+20,0$	$x+30,0$								
$I, \text{мкА}$	35,0	52,0	70,0								
Правильный ответ (ключ): 1. Строим график 		1 балл									
2. Точка пересечения прямой с осью абсцисс соответствует содержанию определяемого вещества в анализируемом растворе. $C(\text{Ca}^{2+}) = 5 \text{ мкг/см}^3$ <u>Ответ:</u> $C(\text{Ca}^{2+}) = 5 \text{ мкг/см}^3$											

	1 балл	
	Итого:2 балла	

Этап формирования компетенции, в котором участвует дисциплина	Типовые контрольные задания для оценки знаний, умений, навыков (2-3 примера)	Показатели и критерии оценивания компетенции, шкала оценивания
ПК-1.1 Планирует отдельные стадии исследования при наличии общего плана НИР	1. Абсорбционным методом получены результаты поглощения для серии стандартных растворов ртути: $C(Hg)?$ мкг/мл 0 0,30 0,60 1,00 2,00 Поглощение 0,02 0,90 0,175 0,268 0,440 Поглощение пробы 0,040. Какова концентрация ртути в пробе? Построить калибровочный график в Excel, найти аппроксимирующую функцию и с ее помощью вычислить результат. 2. При определении свинца в пробе методом фотометрии пламени получен сигнал 0,325 усл.ед. К пробе объемом 100 мл добавили 300 мкл соли свинца с концентрацией 50,0 мг/л и получили сигнал 0,670 усл.ед. Какова концентрация свинца в пробе? Для расчетов использовать графический метод с применением Excel.	Имеется полное верное решение включающее правильный ответ 3 балла; Дано верное решение но допущены несущественные фактические ошибки, не искажающие общего смысла – 2 балла; • Имеется верное решение только части задания 1 балл. 1 балл – «3» 2 балла – «4» 3 балла – «5»
ПК-1.2 Выбирает технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач НИР	1. Абсорбционным методом получены результаты поглощения для серии стандартных растворов ртути: $C(Hg)?$ мкг/мл 0 0,30 0,60 1,00 2,00 Поглощение 0,02 0,90 0,175 0,268 0,440 Поглощение пробы 0,040. Какова концентрация ртути в пробе? Построить калибровочный график в Excel, найти аппроксимирующую функцию и с ее помощью вычислить результат. 2. При определении свинца в пробе методом фотометрии пламени получен сигнал 0,325 усл.ед. К пробе объемом 100 мл добавили 300 мкл соли свинца с концентрацией 50,0 мг/л и получили сигнал 0,670 усл.ед. Какова концентрация свинца в пробе? Для расчетов использовать	Имеется полное верное решение включающее правильный ответ 3 балла; Дано верное решение но допущены несущественные фактические ошибки, не искажающие общего смысла – 2 балла; • Имеется верное решение только части задания 1 балл. 1 балл – «3» 2 балла – «4» 3 балла – «5»

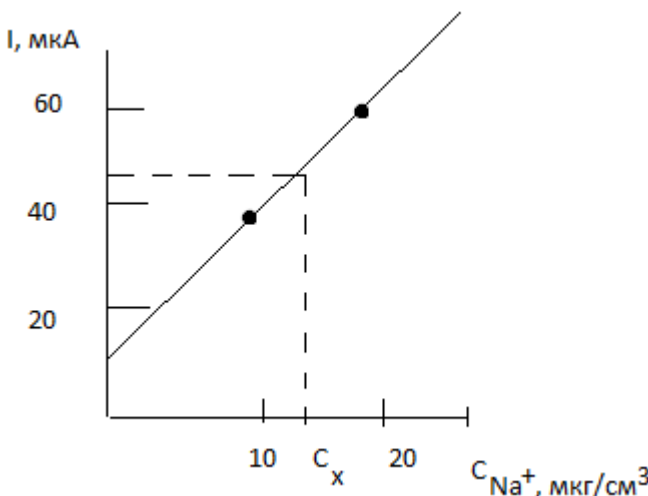
	графический метод с применением Excel.		
ПК-1.3 Готовит объекты исследования	1 Почему одновременный анализ нескольких элементов праменно-абсорбционным методом более сложен, чем праменно-эмиссионным методом? 2. Какое влияние окажет изменение скорости потока горючего газа и окислителя на практические результаты анализа по фотометрии пламени? 3. Почему в пламенно-абсорбционном методе используются щелевые горелки, а в пламенно-абсорбционном нет?	Правильный ответ – 1 балл Тест из 3 заданий: 1 балл – «3» , 2 балла – «4» , 3 балла – «5»	

Типовые контрольные задания для проверки уровня сформированности компетенции ПК-2

Способен оказывать информационную поддержку специалистам, осуществляющим научно-исследовательские работы

Номер задания	Правильный ответ (ключ)	Содержание вопроса/задания	Критерии оценивания заданий
Задания закрытого типа			
1	3	Какая схема отражает процессы, протекающие в пламени? 1) аэрозоль → испарение растворителя → образование твердого вещества → плавление → испарение твердых частиц → поглощение → переизлучение 2) аэрозоль → испарение растворителя → диссоциация твердых частиц → возбуждение → ионизация → излучение 3) аэрозоль → испарение растворителя → образование твердых частиц → плавление → испарение твердых частиц → диссоциация → возбуждение → излучение 4) аэрозоль → испарение растворителя → образование твердых частиц → диссоциация → образование свободных атомов → поглощение	1 балл за правильный ответ
2	1	Какой процент атомов определяемого элемента формирует аналитический сигнал в эмиссионной спектроскопии пламени? 1) около 1 2) около 25	1 балл за правильный ответ

		3) около 50 4) около 99		
3	3	В эмиссионной спектроскопии пламени используются следующие спектральные приборы: 1) пламенные спектрофотометры и квантометры 2) пламенные спектрофотометры и спектрографы 3) пламенные фотометры и спектрофотометры 4) пламенные фотометры и квантометры 5) пламенные фотометры и спектрографы	1 балл за правильный ответ	
4	4	Отличие пламенного фотометра от пламенного спектрофотометра заключается в том, что фотометр имеет 1) малую разрешающую способность, а спектральная линия (полоса) выделяется призмным монохроматором 2) большую разрешающую способность, а спектральная линия (полоса) выделяется светофильтром 3) малую разрешающую способность, а спектральная линия (полоса) выделяется дифракционной решеткой 4) малую разрешающую способность, а спектральная линия (полоса) выделяется светофильтром	1 балл за правильный ответ	
5	3	В спектрофотометрах монохроматором служат 1) светофильтры и призмы 2) светофильтры и дифракционные решетки 3) призмы и дифракционные решетки 4) абсорбционные светофильтры 5) интерференционные светофильтры 6) комбинация интерференционного и абсорбционного светофильтров	1 балл за правильный ответ	
Задания открытого типа				
6	Рассчитайте концентрацию элемента В в растворе при определении его методом атомной эмиссии в пламени с использованием внутреннего стандарта А по следующим данным:		3 балла	
	Св, мкг/мл	х	х+0,05	х+0,10
	I _В /I _А	1,00	1,62	2,22

	При расчетах величину сигнала контрольного опыта принять равной ≈ 0 .								
Правильный ответ (ключ): Так как относительная интенсивность пропорциональна концентрации определяемого элемента, то для трех пар значений $S_v - I_v/I_A$ находим: 1. (I-II) $(x+0,05)/x=1,62$ $x=0,081$ мкг/мл 2. (I-III) $(x+0,10)/x=2,22$ $x=0,082$ мкг/мл 3. (II-III) $(x+0,05)/(x+0,10)$ $x=0,085$ мкг/мл $x = 0,0853$ мкг/мл Ответ: 0,0853 мкг/мл		1 балл 1 балл 1 балл Итого: 3 балла							
7	Потенциал возбуждения резонансного уровня атома калия 1,6 эВ. Рассчитать длину волны (нм) резонансной линии в атомном спектре калия.	2 балла							
Правильный ответ (ключ): 1. $\Delta E= h \cdot \nu = h \cdot c / \lambda$ $h= 4,135 \cdot 10^{-15}$ ЭВ/ С $c = 3 \cdot 10^8$ м/с = $3 \cdot 10^{17}$ нм/с 2. $\lambda = h \cdot c/ \Delta E = 4,135 \cdot 10^{-15} \cdot 3 \cdot 10^{17}/ 1,6 = 775$ нм Ответ: $\lambda = 775$ нм		1 балл 1 балл Итого: 2 балла							
8	При фотометрировании стандартных водных растворов соли Na^+ на пламенном фотометре получены следующие данные: <table><tr><td>$c(Na^+)$, мкг/см³</td><td>10,0</td><td>20,0</td></tr><tr><td>I, мкА</td><td>30,5</td><td>50,5</td></tr></table> При анализе водной пробы сила фототока 45,0 мкА. Найти содержание Na^+ в водной пробе (мкг/см ³).	$c(Na^+)$, мкг/см ³	10,0	20,0	I , мкА	30,5	50,5	2 балла	
$c(Na^+)$, мкг/см ³	10,0	20,0							
I , мкА	30,5	50,5							
Правильный ответ (ключ): 1. Строим график  2. По графику находим концентрацию пробы при 45,0 мкА: $C_x= 17$ мкг/ см ³ Ответ: $C_x= 17$ мкг/ см ³		1 балл 1 балл Итого: 2 балла							
9	Две навески стекла массой по 0,1000 г растворили в смеси H_2SO_4 и HF . Полученные растворы выпарили досуха, остатки растворили в	3 балла							

[illegible]

	Построить калибровочный график в Excel, найти аппроксимирующую функцию и с ее помощью вычислить результат. Поясните особенности использования метода калибровочного графика для пламенно-абсорбционного метода. Сопоставить результат с данными открытых баз данных. 2. При определении свинца в пробе методом фотометрии пламени получен сигнал 0,325 усл.ед. К пробе объемом 100 мл добавили 300 мкл соли свинца с концентрацией 50,0 мг/л и получили сигнал 0,670 усл.ед. Какова концентрация свинца в пробе? Для расчетов использовать графический метод с применением Excel. Поясните особенности использования метода стандартных добавок для пламенно-эмиссионного метода. Сопоставить результат с данными открытых баз данных.	
ПК-2.2 Анализирует и обобщает результаты патентного поиска по тематике проекта в выбранной области химии (химической технологии)	1. Абсорбционным методом получены результаты поглощения для серии стандартных растворов ртути: С(Hg)? мкг/мл 0 0,30 0,60 1,00 2,00 Поглощение 0,02 0,90 0,175 0,268 0,440 Поглощение пробы 0,040. Какова концентрация ртути в пробе? Построить калибровочный график в Excel, найти аппроксимирующую функцию и с ее помощью вычислить результат. Поясните особенности использования метода калибровочного графика для атомно-абсорбционного метода. Сопоставить результат с данными открытых баз данных. 2. При определении свинца в пробе методом фотометрии пламени получен сигнал 0,325 усл.ед. К пробе объемом 100 мл добавили 300 мкл соли свинца с концентрацией 50,0 мг/л и получили сигнал 0,670 усл.ед. Какова концентрация свинца в пробе? Для расчетов использовать графический метод с применением Excel. Сопоставить результат с данными открытых баз данных. Поясните особенности использования метода стандартных добавок для атомно-эмиссионного метода. 3. Почему одновременный анализ нескольких элементов пламенно-абсорбционным методом более сложен, чем пламенно-эмиссионным	Имеется полное верное решение, включающее правильный ответ – 3 балла; Дано верное решение, но допущены несущественные фактические ошибки, не искажающие общего смысла – 2 балла; • Имеется верное решение только части задания – 1 балл. 1 балл – «3» 2 балла – «4» 3 балла – «5» Правильный ответ – 1 балл Тест из 3 заданий: 1 балл – «3», 2 балла – «4», 3 балла – «5»

	методом? Используйте открытые базы данных для подготовки ответа	
	4. Какое влияние окажет изменение скорости потока горючего газа и окислителя на практические результаты анализа по фотометрии пламени? Используйте открытые базы данных для подготовки ответа	
	5. Почему в пламенно-абсорбционным методе используются щелевые горелки, а в пламенно-абсорбционном нет? Используйте открытые базы данных для подготовки ответа	

5.2. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации

Перечень тем и вопросов для экзамена

1. Классификация методов анализа по фотометрии пламени. Области применения. Общая схема аппаратурной реализации этих методов анализа.
2. Основные понятия в пламенно-эмиссионной фотометрии. Общая схема основных процессов.
3. Распыление анализируемого раствора. Основные виды распылителей, принципы их работы, конструктивные особенности, требования, предъявляемые к ним.
4. Пламена, используемые в пламенно-эмиссионной фотометрии. Условия образования и структура пламен. Основные параметры пламен и их влияние на результаты анализа.
5. Горелки, используемые в пламенно-эмиссионном анализе, их устройство, основные характеристики.
6. Физико-химические процессы, происходящие в пламени при пламенно-эмиссионном анализе. Общая схема процессов. Излучение света в пламени. Атомные, молекулярные, сплошные спектры.
7. Зависимость между интенсивностью излучения и концентрацией элементов в растворе.
8. Фотометры и спектрофотометры для эмиссионного метода. Типы приборов, их характеристики и область применения, их основные узлы.
9. Техника фотометрирования. Рабочая область концентраций. Измерение с помощью градуировочной кривой, метода ограничивающих растворов, метода добавок. Выбор пламени.
10. Основные понятия. Общая схема основных процессов. Физико-химические процессы в абсорбционном методе.
11. Поглощение света в пламени. Непламенные методы атомизации.
12. Фотометры для абсорбционного метода. Типы приборов. Источники излучения: лампы с полым катодом, лампы с парами металлов. Монохроматоры, приемники, излучения, усилители, регистрирующие приборы.
13. Техника фотометрирования. Выбор пламени. Измерение концентрации раствора пробы. Использование электротермической атомизации для абсорбционного метода.

Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

Билет №1

14. Фотометры для абсорбционного метода. Типы приборов. Источники излучения: лампы с полым катодом, лампы с парами металлов. Монохроматоры, приемники, излучения, усилители, регистрирующие приборы.
15. При определении содержания марганца в легированной стали применили метод сравнения. Навеску стали 4,9912 г растворили в кислоте и довели объем раствора до 250 мл. Для измерений отобрали аликвоту раствора 10 мл, поместили в колбу вместимостью 50 мл и довели объем до метки. При фотометрировании в высокотемпературном пламени интенсивность излучения составила 78 ед. Интенсивность излучения стандартного $3,0 \cdot 10^{-4}$ М раствора MnCl_2 составила 54 ед. Определить содержание марганца в стали (%).

Билет №2

16. Основные понятия в пламенно-эмиссионной фотометрии. Общая схема основных процессов. Распыление анализируемого раствора. Основные виды распылителей, принципы их работы.
17. В вытяжке из сыра методом фотометрии пламени определили содержание Ca^{2+} . Анализ выполнили методом добавок. Сила фототока при фотометрировании анализируемой пробы (x) равна 17,0 мкА. При добавлении к такому же объему пробы стандартного раствора Ca^{2+} получены следующие данные:

$x + c_{\text{доб.}}, \text{мкг/см}^3$	$x + 10,0$	$x + 20,0$	$x + 30,0$
$I, \text{мкА}$	35,0	52,0	70,0

Найти содержание Ca^{2+} в вытяжке из сыра (мкг/см^3).

Требования к рейтинг-контролю

Лабораторная работа №1

- Выполнение практической (экспериментальной) задачи – 3 балла
- Объяснение теоретических основ данной работы – 1 балла
- Собеседование по одному из заданий для самостоятельной работы -1 балл
- Решение задачи на тему данной лабораторной работы – 1 балл

Лабораторная работа №2

- Выполнение практической (экспериментальной) задачи – 3 балла
- Объяснение теоретических основ данной работы – 1 балла
- Собеседование по одному из заданий для самостоятельной работы -1 балл
- Решение задачи на тему данной лабораторной работы – 1 балл

Лабораторная работа №3

- Выполнение практической (экспериментальной) задачи – 3 балла
- Объяснение теоретических основ данной работы – 1 балла
- Собеседование по одному из заданий для самостоятельной работы -1 балл
- Решение задачи на тему данной лабораторной работы – 1 балл

Лабораторная работа №4

- Выполнение практической (экспериментальной) задачи – 3 балла
- Объяснение теоретических основ данной работы – 1 балла
- Собеседование по одному из заданий для самостоятельной работы -1 балл
- Решение задачи на тему данной лабораторной работы – 1 балл

Лабораторная работа №5

- Выполнение практической (экспериментальной) задачи – 3 балла
- Объяснение теоретических основ данной работы – 1 балла
- Собеседование по одному из заданий для самостоятельной работы -1 балл
- Решение задачи на тему данной лабораторной работы – 1 балл

Первая контрольная точка 30 баллов

2 МОДУЛЬ

Лабораторная работа №6

- Выполнение практической (экспериментальной) задачи – 3 балла
- Объяснение теоретических основ данной работы – 1 балла
- Собеседование по одному из заданий для самостоятельной работы -1 балл

Лабораторная работа №7

- Выполнение практической (экспериментальной) задачи – 3 балла
- Объяснение теоретических основ данной работы – 1 балла
- Собеседование по одному из заданий для самостоятельной работы -1 балл

Лабораторная работа №8

- Выполнение практической (экспериментальной) задачи – 4 балла
- Объяснение теоретических основ данной работы – 3 балла
- Собеседование по одному из заданий для самостоятельной работы -1 балл
- Решение задачи на тему данной лабораторной работы – 1 балл
- Премияльный баллы за качество и творческий подход при выполнении лабораторной работы – 1 балл

Лабораторная работа №9

- Выполнение практической (экспериментальной) задачи – 4 балла
- Объяснение теоретических основ данной работы – 2 балла
- Собеседование по одному из заданий для самостоятельной работы -2 балл
- Решение задачи на тему данной лабораторной работы – 1 балл
- Премияльный баллы за качество и творческий подход при выполнении лабораторной работы – 1 балл

Вторая контрольная точка 30 баллов

Экзамен – итоговое тестирование по теме 40 баллов

Итого за семестр	100 баллов
Примечание: если не выполнена экспериментальная часть лабораторной работы, то лабораторная работа не может быть зачтена и зачет по данной дисциплине за триместр не выставляется	

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
6.1. Рекомендуемая литература	
Основная литература:	
- Дёмин В. В. Фотометрия и ее применения : учебное пособие / В. В. Дёмин, И. Г. Половцев; В. В. Дёмин, И. Г. Половцев. - Электрон. дан. (1 файл). - Томск : Издательский Дом Томского государственного университета, 2017. - 344 с. – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/109085.html - Звеков А. А. Спектрофотометрия в ультрафиолетовой и видимой областях. Теоретические основы и приложения для элементного анализа [Электронный ресурс] / А. А. Звеков, А. В. Каленский. - Кемерово : КемГУ, 2016. - 113 с. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/92361 - Бёккер Ю. Спектроскопия [Электронный ресурс]: учебник/ Бёккер Ю.— Электрон. текстовые данные.— М.: Техносфера, 2009.— 528 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/12735.html	
Дополнительная литература	
- Ефимова О. С. Аналитическая спектроскопия [Электронный ресурс] : учебное пособие / О. С. Ефимова, О. Н. Булгакова, Г. О. Еремеева. - Кемерово : КемГУ, 2022. - 113 с. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/309074 - Молекулярная спектроскопия. Основы теории и практика : учебное пособие / Ф. Ф. Литвин [и др.]; Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова. - Москва : ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2022. - 199 с. - (ЭБС). – Режим доступа: https://znanium.com/catalog/document?id=399183 - Ципотан А. С. Оптическая спектроскопия твердого тела : учебное пособие / А. С. Ципотан, Н. В. Слюсаренко . - Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2022. - 56 с. - ВО - Бакалавриат. – Режим доступа: https://znanium.com/catalog/document?id=432466 - Ганеев, А.А. Атомно-абсорбционный анализ. [Электронный ресурс] / А.А. Ганеев, С.Е. Шолупов, А.А. Пупышев, А.А. Большаков. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2011. — 304 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/4028	

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

9. Сведения об обновлении рабочей программы дисциплины (или модуля)			
№п.п.	Обновленный раздел рабочей программы дисциплины (модуля)	Описание внесенных изменений	Реквизиты документа, утвердившего изменения
1.			
2.			