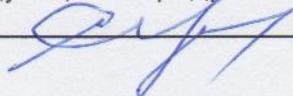


МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой аналитической химии

 /Селемев В.Ф./  
15.06.2018 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.В.13 Спектральные методы анализа**

*Код и наименование дисциплины в соответствии с учебным планом*

1. Шифр и наименование направления подготовки/специальности: 04.03.01 Химия
2. Профиль подготовки/специализация: Теоретическая и экспериментальная химия
3. Квалификация (степень) выпускника: бакалавр
4. Форма обучения: очная
5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: кафедра 1002 аналитическая химия
6. Составители программы: Васильева Вера Ивановна, д.х.н, профессор, химический факультет, кафедра аналитической химии, e-mail: viv155@mail.ru
7. Рекомендована: Научно-методический совет химического факультета

Протокол № 5 от 24.05.2018 г.

*(наименование рекомендующей структуры, дата, номер протокола,*

---

*отметки о продлении вносятся вручную)*

---

8. Учебный год: 2021-2022 гг

Семестр(ы): 8

### 9. Цели и задачи учебной дисциплины:

**Целью** преподавания дисциплины является обучение студентов теоретическим и практическим основам спектральных методов анализа, используемых в аналитической химии.

**Задачи** настоящего курса состоят в том, чтобы на основании полученных знаний студенты 1. имели практические навыки подготовки проб для проведения атомного эмиссионного, атомно-абсорбционного и молекулярно-абсорбционного анализа, получения (регистрации) спектров и их интерпретации; 2. могли правильно выбрать метод спектрального анализа для конкретного объекта и практически его провести.

**10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:** (блок Б1, базовая или вариативная часть, к которой относится дисциплина; требования к входным знаниям, умениям и навыкам; дисциплины, для которых данная дисциплина является предшествующей))

Б1. Обязательные дисциплины. Вариативная часть.

Программа курса рассчитана на знания студентов, полученные в ходе изучения фундаментальных разделов физики, химии, аналитической химии, физической химии (базовая часть) и знания строения вещества, вычислительных методов химии (вариативная часть).

**11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников):**

Компетенция		Планируемые результаты обучения
Код	Название	
ОПК-2	Владение навыками химического эксперимента, основными синтетическими и аналитическими методами получения и исследования химических веществ и реакций	знать: теоретические основы спектральных методов анализа уметь: выбирать метод, условия спектрального метода анализа в соответствии с поставленной проблемой, разработать схему анализа и практически провести его, интерпретировать полученные результаты. владеть: навыками спектроскопического эксперимента при проведении атомно-эмиссионного и атомно-абсорбционного анализа.
ПК-1	Способность выполнять стандартные операции по предлагаемым методикам	знать: принципы подготовки и проведения основных спектральных методов анализа уметь: проводить исследования различных объектов по гостированным и предлагаемым методикам методами инфракрасной спектроскопии, рефрактометрии и люминесцентного анализа. владеть: навыками выполнения стандартных методами операций методами инфракрасной спектроскопии, рефрактометрии и люминесцентного анализа
ПК-2	Владение базовыми навыками использования	знать: принципы и основы использования аппаратуры спектроскопии комбинационного рассеяния и

	современной аппаратуры при проведении научных исследований	спектроскопии электронных переходов в молекулах. уметь: практически провести спектральный анализ и интерпретировать полученные результаты. владеть: базовыми навыками использования современной аппаратуры при проведении спектрального анализа
--	--	---

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 2/72.**

**Форма промежуточной аттестации дифференцированный зачет.**

**13. Виды учебной работы**

Вид учебной работы	Трудоемкость			
	Всего	По семестрам		
		8 семестр	№ семестра	...
Аудиторные занятия	60	60		
в том числе:				
лекции	24	24		
Практические				
Лабораторные	36	36		
Самостоятельная работа	12	12		
Форма промежуточной аттестации (зачет – 0 час. / экзамен – __ час.)	дифференци рованный зачет	0		
Итого:	72	72		

**13.1. Содержание дисциплины**

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
<b>1. Лекции</b>		
1.1	Общие представления о спектральных методах анализа	Вводный исторический очерк. Классификация спектральных методов анализа. Основные характеристики электромагнитного излучения. Шкала электромагнитных волн.
1.2	Атомный эмиссионный анализ	Излучение и поглощение спектральных линий. Интенсивность излучаемых спектральных линий. Ширина спектральных линий. Причины уширения спектральных линий. Самопоглощение и самообращение спектральных линий в источниках света. Источники света в эмиссионной спектроскопии. Аналитическое пламя и его характеристики. Электрические дуга и искра. Тлеющий разряд. Лазерные источники. Способы регистрации спектров в эмиссионной спектроскопии: визуальная регистрация, фотографическая, фотоэлектрическая. Процессы, происходящие при введении вещества в источники света. Количественный атомный эмиссионный анализ. Фотометрия пламени.
1.3	Атомный абсорбционный анализ	Атомно-абсорбционный спектральный анализ (ААСА). Сущность метода. Спектральные линии поглощения и аналитический сигнал в ААСА. Принципиальная схема ААСА. Атомизаторы проб. Вопросы метрологии атомного спектрального анализа.
1.4	Молекулярная спектроскопия	Классификация методов. Молекулярные спектры. Основной закон светопоглощения.

1.5	Микроволновая спектроскопия	Микроволновая спектроскопия. Вращательные спектры. Двухатомные и многоатомные молекулы. Техника эксперимента в микроволновой спектроскопии.
1.6	Инфракрасная спектроскопия	Структурно-групповой анализ по ИК спектрам. Техника ИК спектроскопии. Количественный анализ по ИК спектрам.
1.7	Спектроскопия комбинационного рассеяния	Определение структуры молекул по данным комбинационного рассеяния света. Основные узлы приборов для снятия спектров КР.
1.8	Спектроскопия электронных переходов в молекулах	Электронные спектры и электронная структура двухатомной молекулы. Хромофоры и ауксохромы. Приборы для анализа в видимой и УФ области спектра. Качественный и количественный анализ по УФ спектрам поглощения.
1.9	Люминесцентный анализ	Люминесцентный анализ. Классификация явлений люминесценции. Люминесценция дискретных центров. Основные законы люминесценции. Качественный и количественный люминесцентный анализ.
1.10	Рефрактометрические методы анализа	Рефрактометрические константы. Рефрактометрия. Интерферометрическая рефрактометрия. Локально-распределительный анализ растворов электролитов методом лазерной интерферометрии.
<b>2. Лабораторные работы</b>		
2.1	Атомный эмиссионный анализ	«Построение дисперсионной кривой стилоскопа» «Качественный анализ легированных сталей на заданные элементы при помощи стилоскопа» «Полуколичественный анализ легированных сталей на содержание хрома с помощью стилоскопа» «Выбор условий для фотографирования спектров с помощью кварцевого спектрографа» «Построение характеристической кривой фотопластинки» «Количественный анализ порошкообразной пробы на заданный элемент по методу трех стандартных образцов» «Определение калия и натрия при совместном присутствии методом градуировочного графика»
2.2	Атомный абсорбционный анализ	«Определение массовых концентраций металлов в различных объектах»
2.3	Люминесцентный анализ	«Экстракционно-флуориметрическое определение массовой концентрации фенолов» «Флуориметрическое определение рибофлавина в растворах»
2.4	Молекулярная спектроскопия	«Определение воды в смеси «уксусная кислота - вода» спектрофотометрическим методом» «Спектрофотометрическое определение хрома и марганца при совместном присутствии»
2.5	Инфракрасная спектроскопия	«Идентификация полимерных пленок по ИК спектрам поглощения» «Приготовление образцов ионообменных материалов для анализа методом ИК спектроскопии» «Идентификация ионных форм полиамфолита АНКБ-2» «Количественный анализ ИК спектров по измерению интенсивности спектральных полос»
2.6	Рефрактометрические методы анализа	«Определение массовой концентрации сахарозы в водном растворе по показателю преломления». «Рефрактометрическое определение концентрации глицерина в водном растворе методом добавок» «Лазерно-интерферометрическое изучение кинетики сорбции ароматических аминокислот ионообменными мембранами» «Измерение концентрационных профилей в растворе на границе с гранулой ионообменника методом одночастотной лазерной интерферометрии»

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)				Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	
1.1	Общие представления о спектральных методах анализа	2		0	6	8
1.2	Атомный эмиссионный анализ	2		4		6
1.3	Атомный абсорбционный анализ	4		4		8
1.4	Молекулярная спектроскопия	2		0	3	5
1.5	Микроволновая спектроскопия	2		0		2
1.6	Инфракрасная спектроскопия	2		8		10
1.7	Спектроскопия комбинационного рассеяния	2		0	3	5
1.8	Спектроскопия электронных переходов в молекулах	2		6		8
1.9	Люминесцентный анализ.	2		6		8
1.10	Рефрактометрические методы анализа	4		8		12
	Итого:	24		36	12	72

### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

работа с конспектами лекций, использование интернет ресурсов, выполнение лабораторных работ

### 15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1.	Струнин, В.И. Атомная спектроскопия / В.И. Струнин ; Струнина Н. Н. ; Байсова Б. Т. — Омск : Омский государственный университет, 2013 .— 104 с. — ISBN 978-5-7779-1653-2 .— <URL:http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=238088>.
2.	Ельяшевич М.А. Атомная и молекулярная спектроскопия / М.А. Ельяшевич. – М.: URSS : Комкнига, 2007. – 415 с.
3.	Бёккер Ю. Спектроскопия = Spektroskopie. Instrumentelle analytik mit atom- und molekülsektrometrie / Ю. Бёккер ; пер. с нем. Л.Н. Казанцевой под ред. А.А. Пупышева, М.В. Поляковой .— Москва : Техносфера, 2009 .— 527 с.
4.	Основы аналитической химии : в 2 т. : учебник : для студ. вузов, обуч. по хим. направлениям / под ред. Ю.А. Золотова .— Москва : Академия, 2014
5.	Спектральные методы анализа: практическое руководство: учебное пособие / В.И. Васильева [и др.]; под ред. В.Ф. Селеменева, В.Н. Семенова. — Санкт-Петербург; Москва; Краснодар: Лань, 2014 .— 412 с.: — www.e.lanbook.com.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
6.	Основы аналитической химии : в 2 кн. : / Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова; под ред. Ю.А. Золотова .— М. : Высш. шк., 2004 Кн. 2: Методы химического анализа / Н.В. Алов и др.— 2004 .— 503 с.
7.	Плиев Т.Н. Молекулярная спектроскопия : в 5 т. / Т.Н. Плиев, Владикавказ: Иростон, 2001. - Т.5.- 2002. - 594 с.
8.	Основы аналитической химии : в 2 кн. : / Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова; под ред. Ю.А. Золотова .— М. : Высш. шк., 2004 Кн. 2: Методы химического анализа / Н.В. Алов и др.— 2004 .— 503 с.

9.	Дробышев А.И. Основы атомного спектрального анализа / А.И.Дробышев. – С-П.: Изд-во С-П. у-та, 1997г.- 199с.
10.	Бенуэлл К. Основы молекулярной спектроскопии / К. Бенуэлл. - М.: Мир, 1985г.- 384с.
11.	Орешенкова Е.Г. Спектральный анализ / Е.Г.Орешенкова. - М.: Высш. школа, 1982г.- 375с.
12.	Пешкова В.М. Методы абсорбционной спектроскопии в аналитической химии / В.М. Пешкова, В.И. Громова – М.: Высш. школа, 1976. - 280 с.
13.	Фритц Дж. Количественный анализ / Дж. Фритц, Г. Шенк. – М.: Мир, 1978.- 557 с.
14.	Дорохова Е.Н. Аналитическая химия. Физико-химические методы анализа / Е.Н. Дорохова, Г.В. Прохорова. – М.: Мир, 1991. – 256 с.
15.	Драго Р. Физические методы в химии / Под ред. О.А.Реутова. – М.: Мир, 1981. – 422с.
16.	Вилков Л.В. Физические методы исследования в химии. Резонансные и электрооптические методы / Л.В. Вилков, Ю.А. Пентин. – М.: Высш. шк., 1989. – 288 с.
17.	Угрянская В.А. ИК спектроскопия ионообменных материалов / В.А. Угрянская и др. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1989. –208 с.
18.	Казицына Л.А. Применение УФ, ИК и ЯМР спектроскопии в органической химии / Л.А. Казицына Н.Б.Куплетская. – М.: Мир, 1968. – 292с.
19.	Соложенкин П.М. ЭПР в анализе веществ / П.М. Соложенкин. – Душанбе: Дониш, 1986. – 290с
20.	Блюменфельд А.А. Применение ЭПР в химии / А.А.Блюменфельд, В.В.Воеводский, А.Г.Семенов. – Новосибирск: Изд-во СО АН СССР, 1962. – 240с.
21.	Гольданский В.И. Эффект Мессбауэра и его применение в химии / В.И. Гольданский. – М.: Изд-во Акад. Наук СССР, 1963. – 83 с.
22.	Суцинский М.М. Спектры комбинационного рассеяния молекул и кристаллов / М.М.Сушинский. – М.: Наука, 1969. – 576с.
23.	Иоффе Б.В. Рефрактометрические методы химии / Б.В. Иоффе. – Л.: Химия, 1983. – 350 с.
24.	Вест Ч. Голографическая интерферометрия / Ч. Вест. – М.: Мир, 1982. – 502 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)\*:

№ п/п	Ресурс
25.	<a href="http://www.lib.vsu.ru">http://www.lib.vsu.ru</a>
26.	<a href="http://www.nist.gov/srd/nist35.htm">http://www.nist.gov/srd/nist35.htm</a>
27.	<a href="http://www.ansyco.de/IR-Spektren/">http://www.ansyco.de/IR-Spektren/</a>
28.	<a href="http://www.e.lanbook.com">http://www.e.lanbook.com</a>
29.	<a href="http://www.chemnet.ru">http://www.chemnet.ru</a>
30.	<a href="http://www.chemrar.ru">http://www.chemrar.ru</a>

\* Вначале указываются ЭБС, с которыми имеются договора у ВГУ, затем открытые электронно-образовательные ресурсы

**16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы** (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных) работ и др.)

№ п/п	Источник
1.1	Атомно-эмиссионная спектроскопия : учебно-методическое пособие / Воронеж. гос. ун-т; сост.: О.Ф. Стоянова [и др.] .— Воронеж : ЛОП ВГУ, 2006 .— 63 с.

**17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)**

ноутбук Aser, мультимедийный проектор EPSON

**18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

(при использовании лабораторного оборудования указывать полный перечень, при большом количестве оборудования можно вынести данный раздел в приложение к рабочей программе)

Мерная посуда  
Аналитические весы  
Сушильный шкаф  
Спектрофотометр СФ-46  
ИК спектрофотометр Spesord-IR-75  
ИК спектрофотометр «Инфралюм ФТ-02»  
Стилоскоп СЛ-11, СЛ-13

Спектрограф ИСП-28  
 Микрофотометр МФ-2  
 Пламенный фотометр ПАЖ-1  
 Атомно-абсорбционный спектрофотометр  
 Рефрактометр ИРФ-454

## 19. Фонд оценочных средств:

### 19.1. Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения

Код и содержание компетенции (или ее части)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС* (средства оценивания)
ОПК-2	знать: теоретические основы спектральных методов анализа	Общие представления о спектральных методах анализа, их классификация.	Контрольная работа Вариант 1-15 (вопрос № 1)
	уметь: выбирать метод, условия спектрального метода анализа в соответствие с поставленной проблемой, разработать схему анализа и практически провести его, интерпретировать полученные результаты.	Общие представления о спектральных методах анализа, их классификация.	
	владеть: навыками спектроскопического эксперимента при проведении атомно-эмиссионного и атомно-абсорбционного анализа.	Атомный эмиссионный анализ. Атомный абсорбционный анализ.	Практические задания 1, 4, 5
ПК-1	знать: принципы подготовки и проведения основных спектральных методов анализа	Атомный эмиссионный анализ. Атомный абсорбционный анализ. Молекулярная спектроскопия. Классификация методов. Молекулярные спектры. Микроволновая спектроскопия. Инфракрасная спектроскопия. Спектроскопия комбинационного рассеяния. Спектроскопия электронных переходов в молекулах. Люминесцентный анализ. Рефрактометрические методы анализа	Контрольная работа Вариант 1-15 (вопрос № 2)
	уметь: проводить исследования различных объектов по гостированным и	Инфракрасная спектроскопия. Люминесцентный	

	предлагаемым методикам методами инфракрасной спектроскопии, рефрактометрии и люминесцентного анализа.	анализ. Рефрактометрические методы анализа.	
	владеть: навыками выполнения стандартных методами операций методами инфракрасной спектроскопии, рефрактометрии и люминесцентного анализа	Инфракрасная спектроскопия. Люминесцентный анализ. Рефрактометрические методы анализа.	Практические задания 3, 6, 7
ПК-2	знать: принципы и основы использования аппаратуры спектроскопии комбинационного рассеяния и спектроскопии электронных переходов в молекулах.	Спектроскопия комбинационного рассеяния. Спектроскопия электронных переходов в молекулах.	Устный опрос
	уметь: практически провести спектральный анализ и интерпретировать полученные результаты.	Атомный эмиссионный анализ. Атомный абсорбционный анализ. Молекулярная спектроскопия. Классификация методов. Молекулярные спектры. Микроволновая спектроскопия. Спектроскопия комбинационного рассеяния. Спектроскопия электронных переходов в молекулах.	
	владеть: базовыми навыками использования современной аппаратуры при проведении спектрального анализа	Атомный эмиссионный анализ. Атомный абсорбционный анализ. Молекулярная спектроскопия. Классификация методов. Молекулярные спектры. Микроволновая спектроскопия. Инфракрасная спектроскопия. Спектроскопия комбинационного рассеяния. Спектроскопия электронных переходов в молекулах. Люминесцентный анализ. Рефрактометрические	Практические задания 1-7

		методы анализа	
Промежуточная аттестация			КИМ

\* В графе «ФОС» в обязательном порядке перечисляются оценочные средства текущей и промежуточной аттестаций.

## 19.2 Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

Для оценивания результатов обучения на зачете с оценкой используются следующие показатели (ЗУНы из 19.1):

- 1) знание учебного материала и владение понятийным аппаратом методов спектрального анализа;
- 2) умение связывать теорию с практикой; применять теоретические знания для решения практических задач;
- 3) умение иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований;
- 4) умение применять спектральные методы в анализе различных объектов.

Для оценивания результатов обучения на зачете с оценкой используется 4-балльная шкала: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
<i>Полное соответствие ответа обучающегося всем перечисленным критериям. Продемонстрированы всесторонние и глубокие знания по разделам спектрального анализа, полное овладение теоретическими основами атомной и молекулярной спектроскопии, освоение практических навыков подготовки образцов для получения атомных эмиссионных и ИК спектров, регистрации этих спектров и их интерпретации. Знание основ метрологии атомного и молекулярного спектрального анализа. Применение знаний для решения ситуационных задач в связи с поставленной проблемой анализа конкретного образца. Обучающийся способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными результатов практических исследований, применять теоретические знания для решения практических задач в области спектральных методов исследования, что соответствует полному освоению компетенций.</i>	<i>Повышенный уровень</i>	<i>Отлично</i>
<i>Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует одному (двум) из перечисленных показателей, но обучающийся дает правильные ответы на дополнительные вопросы. Продемонстрировано знание учебного материала, предусмотренного рабочей программой, успешное выполнение всех заданий, предусмотренных формами текущего контроля. Ответ обоснован, аргументирован. Допущены незначительные ошибки, неточности, которые исправлены после замечания преподавателя, что соответствует не достаточно полному освоению компетенций.</i>	<i>Базовый уровень</i>	<i>Хорошо</i>
<i>Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым двум (трем) из перечисленных показателей, обучающийся дает неполные ответы на дополнительные вопросы. Демонстрирует частичное знание основных положений программы. Ответ неполный, без обоснований и объяснений; значительные затруднения в вопросах техники проведения атомного и молекулярного (ИК, видимой, УФ области) спектрального анализа. Допущены ошибки, неточности, которые устраняются после дополнительных вопросов преподавателя, что соответствует</i>	<i>Пороговый уровень</i>	<i>Удовлетворительно</i>

освоению компетенций.		
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым трем (четырем) из перечисленных показателей. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные, несистемные знания. В ответах допущены грубые, принципиальные ошибки, что соответствует не освоению компетенций.	–	Неудовлетворительно

### **19.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

#### **19.3.1 Перечень вопросов к зачету:**

1. Атомный эмиссионный анализ. Природа атомных спектров. Процессы возбуждения эмиссионного атомного спектра
2. Рентгеноструктурный анализ.
3. Способы регистрации спектров в эмиссионной спектроскопии: визуальная регистрация, фотографическая, фотоэлектрическая.
4. Аналитические возможности ЭПР.
5. Излучение и поглощение спектральных линий. Интенсивность излучаемых спектральных линий.
6. Спектроскопия ЭПР. Принцип и физические основы метода. Характеристики ЭПР спектров.
7. Ширина спектральных линий. Причины уширения спектральных линий. Самопоглощение и самообращение спектральных линий в источниках света.
8. Спектроскопия ионного рассеяния.
9. Источники света в эмиссионной спектроскопии. Аналитическое пламя и его характеристики. Электрические дуга и искра. Тлеющий разряд. Лазерные источники.
10. Искровая масс-спектрометрия.
11. Принципиальная схема спектрального прибора. Оптические характеристики спектральных аппаратов.
12. Спектроскопия комбинационного рассеяния (Рамановский микрозонд).
13. Основные характеристики электромагнитного излучения. Шкала электромагнитных волн.
14. Микроволновая спектроскопия.
15. Качественный визуальный и фотографический анализ.
16. Спектроскопия ЯМР ядра водорода. Химический сдвиг.
17. Процессы, происходящие при введении вещества в источники света. Количественный атомный эмиссионный анализ. Фотометрия пламени.
18. Масс-спектрометрия.
19. Атомно-абсорбционный спектральный анализ (ААСА). Сущность метода.
20. ИК-спектроскопия полимеров.
21. Спектральные линии поглощения и аналитический сигнал в ААСА.
22. Техника эксперимента ЭПР.
23. Принципиальная схема ААСА. Атомизаторы проб.
24. Поляриметрия.
25. Молекулярная спектроскопия. Классификация методов. Молекулярные спектры.
26. Описание ИК-спектров ионообменных материалов.
27. Химические анализы с помощью микроволновой спектроскопии.
28. Эллипсометрия.
29. ИК спектроскопия. Колебательно-вращательные переходы в двухатомной молекуле.
30. Растровая электронная микроскопия.
31. Колебания многоатомных молекул.
32. Сканирующая туннельная микроскопия.
33. Структурно-групповой анализ по ИК спектрам. Подготовка пробы к анализу. Справочные материалы.
34. Электромагнитный спектр и методы локального анализа, основанные на взаимодействиях с электромагнитным или корпускулярным излучением.
35. Количественный анализ по ИК спектрам. Расшифровки ИК-спектров ионообменных материалов.
36. Основные узлы и конструкция рентгеновских приборов.
37. Схема ЯМР спектрометра. Качественный анализ и структурные исследования методом ЯМР.

38. Принципы и методы локально-распределительного анализа, основанные на упругих взаимодействиях.
39. Количественный анализ методом ЯМР.
40. Спектральные методы локально-распределительного анализа. Общая характеристика.
41. Ширина спектральных линий. Причины уширения спектральных линий. Самопоглощение и самообращение спектральных линий в источниках света.
42. Рентгеновские спектры. Рентгеновские термы. Поглощение рентгеновского излучения.
43. Качественный и количественный рентгеновский анализ. Практическое применение.
44. Геометрическая разрешающая способность локально-распределительных спектральных методов анализа

### 19.3.2 Перечень практических заданий

#### Практическое задание № 1.

Общая характеристика спектральных методов анализа. Основные приемы, применяемые в атомно-эмиссионном, атомно-абсорбционном и молекулярно-абсорбционном методах.

#### Практическое задание № 2.

Спектроскопия поглощения в видимом диапазоне. Закон светопоглощения.

Спектрофотометрическое определение хрома и марганца при совместном присутствии.

#### Практическое задание № 3.

ИК-спектроскопия, качественный и количественный анализ. Идентификация полимерных пленок по ИК спектрам поглощения

#### Практическое задание № 4.

Атомный абсорбционный анализ. Определение массовых концентраций металлов в различных объектах

#### Практическое задание № 5.

Атомный эмиссионный анализ. Построение характеристической кривой фотопластинки.

#### Практическое задание № 6.

Люминесцентный анализ. Флуориметрическое определение рибофлавина в растворах

#### Практическое задание № 7.

Рефрактометрические методы анализа. Определение массовой концентрации сахарозы в водном растворе по показателю преломления.

### 19.3.3 Перечень заданий для контрольных работ

#### Вариант 1

Задание 1 Что называют коэффициентом пропускания  $T$  и оптической плотностью  $A$ ? В каких пределах изменяются эти величины?

Задание 2 Рассчитайте частоту  $\nu$  в обратных секундах (герцах), соответствующую каждой из следующих длин волн электромагнитного излучения: а) 222 нм; б) 530 нм; в) 17Å; г) 0,030 см; д)  $1,3 \cdot 10^{-7}$  см; е) 6,1 мкм.

#### Вариант 2

Задание 1 Какими уравнениями выражается основной закон светопоглощения Бугера-Ламберта-Бера?

Задание 2 Рассчитайте пропускания (в %), которые соответствуют следующим значениям поглощения: а) 0,800; б) 0,215; в) 0,585; г) 1,823; д) 0,0057.

#### Вариант 3

Задание 1 Что означает свойство аддитивности оптической плотности?

Задание 2 Рассчитайте волновое число  $\tilde{\nu}$  (в  $\text{см}^{-1}$ ) для длин волн, приведенных в задаче 15. Какой области спектра соответствуют значения каждого из этих волновых чисел?

#### Вариант 4

Задание 1 Действие каких факторов может привести к нарушению линейной зависимости оптической плотности от концентрации раствора?

Задание 2 Спектрофотометр для работы в ультрафиолетовой и видимой областях имеет абсолютную погрешность, равную 0,50% при измерении коэффициента пропускания, рассчитайте относительную погрешность в концентрации ( $dC/C$ ) для растворов, имеющих следующие пропускания: а) 0,095, б) 0,803, в) 0,631, г) 0,492. Приведите подобные расчеты для растворов, имеющих следующие поглощения: д) 0,195, е) 0,796, ж) 0,482, з) 1,149.

#### Вариант 5

Задание 1 Каков физический смысл молярного коэффициента поглощения? Какие факторы на него влияют: а) длина волны проходящего света; б) температура; в) концентрация раствора; г) природа вещества?

Задание 2 Найдено, что пропускание пробы, содержащей поглощающие частицы в кювете спектрофотометра толщиной  $b=5,000$  см, равно 24,7%. Чему равно пропускание (в %) той же самой пробы в кюветах толщиной: а) 1,000 см; б) 10,00 см; в) 1,000 мм?

#### Вариант 6

Задание 1 Что называют спектром поглощения вещества и в каких координатах его можно представить?

Задание 2 Рассчитайте энергию фотона (в эргах) следующих длин волн: а) 803 нм; б) 3,68 мкм; в) 9,95 Å; г) 11,5 см.

#### Вариант 7

Задание 1 Какие величины входят в уравнение, характеризующее полосу поглощения?

Задание 2 Спектрофотометр для работы в ультрафиолетовой и видимой областях имеет абсолютную погрешность, равную 0,50% при измерении коэффициента пропускания, рассчитайте относительную погрешность в концентрации ( $dC/C$ ) для растворов, имеющих следующие пропускания: а) 0,095, б) 0,803, в) 0,631, г) 0,492. Приведите подобные расчеты для растворов, имеющих следующие поглощения: д) 0,195, е) 0,796, ж) 0,482, з) 1,149.

#### Вариант 8

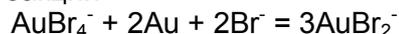
Задание 1 Какова природа светопоглощения в ультрафиолетовом, видимом и инфракрасном участках спектра?

Задание 2 Рассчитайте длины волн (в см и нм), соответствующие следующим частотам электромагнитного излучения: а)  $1,97 \cdot 10^9$  Гц; б)  $4,86 \cdot 10^{15}$  Гц; в)  $7,32 \cdot 10^{19}$  Гц.

#### Вариант 9

Задание 1 При каких оптимальных значениях  $T$  и  $A$  обеспечивается наименьшая относительная погрешность измерения?

Задание 2 Спектрофотометрия является ценным инструментом оценки констант равновесия. Например, константу равновесия реакции



можно определять приготовлением смеси  $\text{AuBr}_4^-$  и  $\text{AuBr}_2^-$  в контакте с кусочком чистого металлического золота с последующим спектрофотометрическим измерением концентрации  $\text{AuBr}_4^-$  по его максимуму поглощения при 382 нм. В первом эксперименте раствор, первоначально содержащий золото (как в виде  $\text{AuBr}_4^-$ , так и в виде  $\text{AuBr}_2^-$ ), концентрация которого составляла  $6,41 \cdot 10^{-4}$  миллиэквивалента в 1 мл 0,400 F по бромистоводородной кислоте, привели в равновесие с чистым металлическим золотом. Поглощение этого раствора оказалось 0,445 в кювете толщиной 1 см при 382 нм. Во втором эксперименте найдено, что поглощение  $8,64 \cdot 10^{-5}$  M раствора  $\text{AuBr}_4^-$  0,400 F по бромистоводородной кислоте равно 0,410 при 382 нм и что  $\text{AuBr}_2^-$  не имеет поглощения при этой длине волны. Рассчитайте молярный коэффициент поглощения  $\text{AuBr}_4^-$  при 382 нм.

#### Вариант 10

Задание 1 В чем сущность метода градуировочного графика и каковы его особенности?

Задание 2 Рассчитайте поглощение, которое соответствует следующим значениям пропускания: а) 36,%; б) 22,0%; в) 82,3%; г) 100,0%; д) 4,20%.

#### Вариант 11

Задание 1 Назовите оптимальные объекты спектрофотометрического определения. Какими значениями коэффициентов поглощения характеризуются такие вещества?

Задание 2 Рассчитайте волновое число  $\tilde{\nu}$  (в  $\text{см}^{-1}$ ) для длин волн, приведенных в задаче 15. Какой области спектра соответствуют значения каждого из этих волновых чисел?

#### Вариант 12

Задание 1 Перечислите основные причины погрешностей в спектрофотометрии.

Задание 2 Чему равны длины волн (в мкм) и волновые числа (в  $\text{см}^{-1}$ ) ИК-излучения, которое может поглощаться молекулой, имеющей следующие частоты нормальных колебаний: а)  $7,236 \cdot 10^{13}$  Гц; б)  $2,459 \cdot 10^{14}$  Гц; в)  $4,785 \cdot 10^{13}$  Гц; г)  $1,096 \cdot 10^{14}$  Гц; д)  $1,127 \cdot 10^{14}$  Гц; е)  $3,279 \cdot 10^{13}$  Гц; ж)  $9,431 \cdot 10^{13}$  Гц и з)  $6,003 \cdot 10^{13}$  Гц?

#### Вариант 13

Задание 1 Дайте определение и поясните следующие термины: спектр, мощность, излучения, интенсивность, длина волны, волновое число, монохроматичность, спектральная ширина полосы, поляризация, фотон, поглощение, люминисценция, испускание, рассеяние, основное состояние,

возбужденное состояние, изотропность, преобразователь, источник, система регистрации, удельная поглощательная способность, мольный коэффициент поглощения, поглощение, коэффициент пропускания, процент пропускания, Закон Бера.

Задание 2 Пропускание раствора с концентрацией  $10,0 \text{ мкг/см}^3$  вещества, измеренное в кювете длиной  $1,3 \text{ см}$ , равно  $22,0\%$ . Рассчитайте коэффициент поглощения вещества.

#### **Вариант 14**

Задание 1 Какова разница между спектрографом и спектрометром? Какова разница между спектрометром и монохроматором? Приведите, по крайней мере, два преимущества каждой из этих систем.

Задание 2 Переходу между двумя энергетическими колебательными уровнями молекулы соответствует ИК-полоса поглощения, центр которой находится при  $6,43 \text{ мкм}$ .

а) Рассчитайте волновое число этой полосы (в  $\text{см}^{-1}$ ) и частоту колебания (в Гц).

б) Рассчитайте различие энергии между этими двумя колебательными уровнями.

в) Из уравнения Больцмана, рассчитайте отношение числа молекул на более низком (по энергии) из двух колебательных уровней к числу молекул на верхнем уровне при  $300\text{K}$  (комнатная температура). Допустим, что статистические веса  $g_u$  колебательных уровней равны.

г) Исходя из Вашего ответа на вопрос пункта (в), оцените относительные величины стоксовой и антистоксовой линии в спектре комбинационного рассеяния, соответствующего этому переходу.

#### **Вариант 15**

Задание 1 Приведите волновые числа (в  $\text{см}^{-1}$ ) и длины волн (в  $\text{мкм}$ ) первого и второго гармонических колебаний (обертонов) для каждого колебания. Все ли эти гармонические колебания проявляются при тех частотах, которые соответствуют ИК-области спектра? Если нет, какие из них находятся вне ИК-области? В какой области спектра они расположены?

Задание 2 Какие из нормальных колебаний: а) полоса группы  $\text{C=O}$  в формальдегиде; б) полоса группы  $\text{C-C}$  в бензоле; в) полоса группы  $\text{C}\equiv\text{N}$  в  $\text{CH}_3\text{CN}$  будут активны в спектре комбинационного рассеяния? Какие из них будут активны в ИК спектре?

### **19.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме: письменных работ (контрольные работы); оценки результатов практической деятельности (практические задания). Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний, степень сформированности умений и навыков.

При оценивании используются количественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены выше.