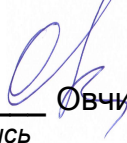


МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой  
оптики и спектроскопии

  
Овчинников О.В.  
подпись

14.06.2024г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.04 Спецпрактикум

Код и наименование дисциплины в соответствии с Учебным планом

**1. Шифр и наименование направления подготовки / специальности:**

03.03.02 Физика

**2. Профиль подготовки/специализация:** Физика медицинских, лазерных технологий и наноматериалов

**3. Квалификация выпускника:** высшее образование (бакалавр)

**4. Форма обучения:** очная

**5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** кафедра оптики и спектроскопии

**6. Составители программы:** Леонова Лиана Юрьевна, к.ф.-м.н., доцент,  
Татьянина Е. П., к. ф.–м. н., доцент

**7. Рекомендована:** НМС физического ф-та ВГУ протокол № 6 от 13.06.2024  
(наименование рекомендующей структуры, дата, номер протокола)

**8. Учебный год:** 2027/2028 **Семестр(ы):** 7, 8

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Целями освоения учебной дисциплины являются: формирование профессиональной компетенции студентов физического факультета, обучающихся по профилю бакалавриата "Физика лазерных и спектральных технологий", в результате изучения основных, общепринятых методов атомной и молекулярной спектроскопии, а также спектроскопии твердого тела, приобретения навыков работы с современным спектральным оборудованием и программным обеспечением, предназначенным для регистрации и обработки спектральных данных. Практикум направлен на развитие мышления и формирование профессионального интереса к будущей профессии и носит учебно-исследовательский характер, предполагая индивидуальное выполнение студентом всех экспериментальных заданий.

### Задачи учебной дисциплины:

- подробно знакомиться с классической литературой по теории, технике и практике атомной, молекулярной спектроскопии и спектроскопии твердого тела.

- изучить устройства и методы спектроскопии для успешного выполнения экспериментальных бакалаврских работ по профилю бакалавриата, а также для дальнейшего изучения свойств различных материалов, используя оптические методы исследования вещества;

**10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:** часть, формируемая участниками образовательных отношений, блок Б1.

**11. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины:**

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-1	Способен модернизировать существующие и внедрять новые методы измерений параметров наноматериалов и наноструктур	ПК-1.1	Выбирает средства и методы измерений параметров наноматериалов и наноструктур	<b>Знать:</b> физические основы оптических методов исследования и анализа вещества, основные методы атомной и молекулярной спектроскопии, а также спектроскопии твердого тела, принципы функционирования и характеристики и параметров спектральных, интерференционных, измерительных и других оптических приборов.  <b>Уметь:</b> работать с современным спектральным оборудованием и программным обеспечением, предназначенным для регистрации и обработки спектральных данных, исходя из задач исследований или анализа,
		ПК-1.2	Реализует на практике основные методы измерений параметров наноматериалов и наноструктур	
		ПК-1.3	Применяет знания о назначении, устройстве и принципах действия оборудования для измерения параметров	

			наноматериалов и наноструктур	делать правильный выбор типовой методики измерений, интерпретировать результаты измерений.
ПК-2	Способен модернизировать существующие и внедрять новые процессы модификации наноматериалов и наноструктур	ПК-2.3	Оценивает воздействие использованного оборудования на наноматериалы и наноструктуры	<b>Владеть:</b> методами проведения теоретических, модельных и экспериментальных исследований
ПК-3	Способен анализировать существующие технические решения для реализации параметров разрабатываемых лазерных устройств	ПК-3.1	Демонстрирует глубокие современные знания в области технологий приборов квантовой электроники и фотоники на основе наногетероструктур	
ПК-4	Способен проводить экспериментальную проверку выбранных технологических решений производства приборов и исследование параметров наноструктурных материалов спектральными методами	ПК-4.1	Организует и контролирует экспериментальные проверки разработанных технологических процессов, разрабатывает программы проведения экспериментов в соответствии с утвержденной методикой проверки технологических процессов	
		ПК-4.2	Составляет перечень параметров, подлежащих контролю и измерению при проведении технологических процессов и анализе используемых материалов, уточняет и корректирует требования к параметрам разрабатываемых приборов квантовой электроники и фотоники Согласовывает	

		ПК-4.3	технические требования к параметрам разрабатываемых изделий, сроки выполнения этапов разработки, перечня и объема документации
ПК-5	Способен формулировать исходные данные, выбирать и обосновывать научнотехнические и организационные решения в области медицинской физики, оформлять соответствующую документацию, контролировать применение ионизирующих излучений	ПК-5.1  ПК-5.3	Осуществляет контроль за применением ионизирующих излучений, загрязнённостью окружающей среды, используя современные методы радиометрических, дозиметрических и спектрометрических измерений  Проводит оценку эффективных и эквивалентных доз облучения персонала, работающего с источниками радиационного воздействия

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 10/360**

**Форма промежуточной аттестации: зачет, зачет с оценкой**

**13. Виды учебной работы:**

Вид учебной работы		Трудоемкость		
		Всего	По семестрам	
			№ 7	№ 8
Аудиторные занятия		360	252	108
в том числе:	лекции			
	практические			
	лабораторные	192	144	48
Самостоятельная работа		168	108	60
Форма промежуточной аттестации <i>зачет, зачет с оценкой</i>			зачет	зачет с оценкой
Итого:		360	252	108

### 13.1 Содержание разделов дисциплины:

№п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1	Источники возбуждения для атомного эмиссионного спектрального анализа	Изучение основных способов возбуждения оптических эмиссионных спектров различных элементов таблицы Менделеева. Принцип действия источников возбуждения, применяемых в атомном эмиссионном спектральном анализе. Изучение особенностей дугового, искрового способа в возбуждения, а также возбуждения в пламени. Анализ характеристик различных способов возбуждения атомных эмиссионных спектров. Принципиальные схемы дуги постоянного и переменного тока, низковольтной и высоковольтной искры. Исследование зависимости абсолютной интенсивности спектральных линий от силы тока дугового разряда. Исследование зависимости абсолютной интенсивности спектральных линий от межэлектродного промежутка.
2	Техника атомного эмиссионного анализа.	Изучение основных методов и освоение техники проведения количественного и полуквантитативного спектрального анализа мет
3	Техника абсорбционного спектрального анализа.	Спектрофотометры для УФ и видимой области спектра, особенности их оптических схем, основные характеристики, принцип действия. Источники и приемники излучения для УФ и видимой области, их основные характеристики, требования, предъявляемые к ним. Порядок измерения спектров поглощения на спектрофотометрах. Модели спектрофотометров, критерии выбора для решения конкретных задач. Способы представления кривых поглощения. Спектральные параметры полос их физический смысл. Применение электронных спектров поглощения для идентификации вещества. Условия проведения идентификации. Условия выбора оптимальных длин волн для анализа. Точность методов
4	Спектроскопия двухатомных молекул. Определение энергии диссоциации молекулы I <sub>2</sub> .	Электронно-колебательно-вращательные спектры двухатомных молекул. Основные закономерности в спектрах поглощения. Полосатые и сплошные электронные спектры поглощения двухатомных молекул. Граница схождения полос. Диссоциация молекул. Основные спектроскопические методы определения энергии диссоциации молекул в основном и возбужденном состоянии. Диссоциация молекул I <sub>2</sub> . Продукты диссоциации. Регистрация спектров поглощения паров йода. Интерпретация полученного спектра поглощения I <sub>2</sub> . Техника определения энергии диссоциации, требования, предъявляемые к оборудованию при выполнении

### 13.2 Разделы дисциплины и виды занятий:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)				Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	
1	Источники возбуждения атомного эмиссионного спектрального анализа			48	36	84
2	Техника атомно-эмиссионного анализа			48	34	84
3	Техника абсорбционного спектрального анализа.			48	34	84
4	Спектроскопия двухатомных молекул. Определение энергии диссоциации молекулы/2			48	60	108
	Итого			192	108	360

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

Основными этапами освоения дисциплины являются:

1) Лабораторные занятия. При подготовке к лабораторным занятиям студентам рекомендуется: внимательно ознакомиться с тематикой лабораторной работы, прочесть конспект лекции по теме, изучить рекомендованную литературу; составить краткий конспект, в котором указать цель работы, оборудование, описание установки и методики измерения; проверить свои знания, отвечая на вопросы для самопроверки; если встретятся незнакомые термины, обязательно обратиться к словарю и зафиксировать их в тетради; при затруднениях сформулировать вопросы к преподавателю

2) Самостоятельная работа студента. Изучение учебной, научной и методической литературы, материалов периодических изданий с привлечением электронных средств научной информации.

3) Подготовка к аттестации. В ходе подготовки к текущим аттестациям и промежуточной аттестации студенту рекомендуется активно использовать электронный образовательный портал Moodle – электронная среда дисциплины, с предоставлением презентаций лекций, заданий для выполнения практических работ, дополнительного теоретического материала и нормативно-правовых документов по темам и перечней вопросов для подготовки к текущим аттестациям и промежуточной аттестации. Также студенту рекомендуется использовать весь набор методов и средств современных информационных технологий для изучения отечественной и зарубежной литературы по дисциплине, оценки и анализа ее текущего состояния и перспектив развития. Ему предоставляется возможность работать в компьютерных классах факультета (313а аудитория), иметь доступ к Интернет-ресурсам и электронной почте, использовать имеющиеся на кафедре оптики и спектроскопии физического факультета информационные технологии, использовать ресурсы Зональной научной библиотеки ВГУ, в том числе электронно-библиотечные системы.

## 15. Учебно-методическое информационное обеспечение дисциплины:

(список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОС и ФГОС, используется общая сквозная нумерация для всех видов литературы)

### а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Техника и методики атомного эмиссионного анализа: учебное пособие / О.В. Овчинников, Т.С. Кондратенко, Л.Ю. Леонова, М.С. Смирнов; Воронежский государственный университет. – Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2021. – 212 с.
2	Оптические методы исследования вещества [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие к специальному лабораторному практикуму: [для проведения специального физ. практикума студентам 4 к. д/о физ. фак. каф. оптики и спектроскопии Воронеж. гос. ун-та] : [для специальности 010701- Физика] / Воронеж. гос. ун-т ; [сост.: Т. В. Волошина и др.]. – Электрон. текстовые дан. – Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2010. <URL: <a href="http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m10-145.pdf">http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m10-145.pdf</a> >
3	Спектральные методы анализа : учебное пособие / Е.В. Пашкова, Е. Волосова, А.Н. Шипуля и др. – Ставрополь : Ставропольский государственный аграрный университет, 2017. – 56 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=485007">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=485007</a> ). – Библиогр.: с. 44-45. – Текст : электронный.

### б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
4	Ельяшевич М.А. Атомная и молекулярная спектроскопия. Атомная спектроскопия / М. А. Ельяшевич ; предисл. Л. А. Грибова. - Изд. 4-е, стер. - М. : URSS : КомКнига, 2007. - 415 с.
5	Фриш С. Э. Оптические спектры атомов: учебное пособие / С.Э. Фриш. - Изд. 2-е, испр. - СПб. [идр.]: Лань, 2010. — 644 с. <URL: <a href="http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&amp;pl1_id=625">http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&amp;pl1_id=625</a> >.
6	Марукович Е.И. Эмиссионный спектральный анализ / Е.И. Марукович ; Непокойчицкий А. Г. - Минск: Белорусская наука, 2013. - 308 с. <URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=230973">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=230973</a> >.
7	Спектральные методы анализа: учебно-методическое пособие / В.И. Васильева [и др.]. – Воронеж: Науч. кн., 2011. – 212 с.
8	Кизель В. А. Практическая молекулярная спектроскопия / В.А. Кизель. -М. :Изд-во Моск. физ.-техн. ин-та, 1998.- 254 с.
9	Левшин Л.В. Оптические методы исследования молекулярных систем. Ч.1. Молекулярная спектроскопия / Л.В. Левшин, А.М. Салецкий. -М. :Изд-во МГУ, 1994. - 319 с.
10	Бенуэлл К.. Основы молекулярной спектроскопии / К. Бенуэлл ; пер. сангл. под ред. Е.Б. Гордона
11	Васильев А.Н. Введение в спектроскопию твердого тела / А.Н. Васильев, В. В. Михайлин. — М. :Изд-во МГУ, 1987.— 191
12	Свердлова О.В. Электронные спектры в органической химии / О.В. Свердлова. - Л. :Химия, 1985.-248 с.
13	Бабушкин А.А. Методы спектрального анализа / А.А. Бабушкин, П.А. Бажулин. - М. :Изд-во Моск. ун-та, 1962.- 508 с.
14	Тарасов Н.Н. Спектральные приборы / Н.Н. Тарасов. - Л.: Наука, 1977. - 357 с.
15	Харрик Н. Спектроскопия внутреннего отражения / Н. Харрик ; Пер. сангл. В.М. Золотарева, В.А. Берштейна; Под ред. В.А. Никитина. - М. :Мир. 1970. - 335 с.
16	Уханов Ю.И. Оптические свойства полупроводников / Ю.И. Уханов; под ред. В.М. Тучкевича. - М. :Наука : Физматлит, 1977. - 366 с.

17	Оптические методы исследования вещества : учебно-методическое пособие к специальному лабораторному практикуму: [для специальности 010701- Физика]/ Воронеж. гос. ун-т ; [ сост.: Т.В. Волошина и др.].— Воронеж: ИПЦ ВГУ, 2011 .— 73с.
18	Зайдель А.Н. Основы спектрального анализа/ А.Н.Зайдель. –М. :Наука, 1965.–399 с.
19	Ломоносова Л.С. Спектральный анализ /Л.С. Ломоносова, С.В. Фалькова. – М. :Гостехиздат, 1958.–418 с.
20	Индиченко Л.Н. Спектральный анализ минеральных веществ/ Л.Н. Индиченко.–М. :Изд-во АН СССР, 1960.–189 с.
21	Дробышев А.И. Основы атомно-спектрального анализа/ А.И.Дробышев.- СПб. :Изд-во С.-Петербург. ун-та, 1997 .— 198 с.
22	Аксененко М.Д. Приемники оптического излучения / М.Д.Аксененко, М.Л. Баранчиков. – М. :Наука, 1987.–296 с.
23	Нагибина И.М. Спектральные приборы и техника спектроскопии / И.М. Нагибина, В.К. Прокофьев–М. :Наука, 1963. –271с
24	Латышев А.Н. Цифровые изображения их использование для определения интегрального альбедо объектов с неоднородной структурой отражающей поверхности : монография/ А.Н.Латышев, Л.Ю. Леонова, В.Н. Селиванов. –Воронеж : Воронеж. гос. ун-т, 2006.–118 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
25	Электронно-библиотечная система BOOK.ru <a href="https://www.book.ru/">https://www.book.ru/</a>
26	ЭБС «ПЛАТФОРМА ЮРАЙТ» – <a href="https://urait.ru/">https://urait.ru/</a>
27	ЭБС Лань – <a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
28	ЭБС «Электронная библиотека технического ВУЗа» («ЭБС «Консультант студента») –
29	ЭБС «Университетская библиотека Online» – <a href="https://biblioclub.ru/">https://biblioclub.ru/</a>
30	Национальный цифровой ресурс "РУКОНТ" – <a href="http://rucont.ru">http://rucont.ru</a>

**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	Электронный курс для дистанционного обучения «Спецпрактикум»: < <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4071">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4071</a> >
2	Методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы обучающимися в бакалавриате по направлению "Физика" [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие : [для студ. 4-го курса направления 03.03.02 Физика] / Сост.: Л.Ю. Леонова, Л.В. Титова ; Воронеж. гос. ун-т .— Электрон. текстовые дан. — Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2019.

**17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):**

При реализации дисциплины с использованием дистанционных образовательных технологий используются инструменты электронной информационно-образовательной среды ВГУ «Электронный университет ВГУ» (<https://edu.vsu.ru>) и/или «МООК ВГУ» (<https://mooc.vsu.ru>), сервисы видеоконференций (BigBlueButton, Zoom, Discord и др.), электронная почта, мессенджеры и соцсети.



## 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Учебные и учебно-научные лаборатории кафедры оптики и спектроскопии для проведения лабораторных занятий: г. Воронеж, Университетская пл., 1, ауд. 133, 132, 131, 129.

Перечень оборудования:

- генератор активизированной дуги переменного тока и высоковольтной искры ИВС -29 с поджигом высокочастотным разрядом и напряжением порядка 30000 В;
- спектрометр с плоской дифракционной решеткой PGS-2 с ПЗС-линейкой фирмы Toshiba TCD1304AP;
- волоконно-оптический спектральный комплекс фирмы Ocean Optics на базе спектрометра USB-2000+XR1 с источником излучения USB-DT, и набором зондов для измерения диффузного ISP-80-8-R и зеркального отражения RSS-VA и люминесценции R400-7-SR, пропускания и люминесценции жидких и твердых образцов CUV-VAR и CUV-ALL-UV;
- учебный комплекс для проведения лабораторных работ по волоконной оптике;
- прецизионный, полностью автоматический спектрофлуориметр на базе монохроматора МДР-23 и ФЭУР955Р (Hamamatsu), работающий в режиме счета фотонов;
- маркерная доска, компьютер, проектор, экран, учебная и методическая литература

Аудитория для самостоятельной работы, компьютерный класс с доступом к сети «Интернет»: компьютеры (мониторы, системные блоки) (15 шт.) г. Воронеж, Университетская пл., 1, ауд. 313а.

Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения:

- WinPro 8 RUS Upgrd OLP NL Acadmc (Дог. 3010-07/37-14 от 18.03.2014)
- Программная система для обнаружения текстовых заимствований в учебных и научных работах «Антиплагиат.ВУЗ» Сублицензионный договор 2019.91375 от 01.04.2019
- Office Standard 2019 Single OLV NL Each Academic Edition Additional Product (Дог. 3010-07/69-20 от 16.11.2020)
- Программный комплекс для ЭВМ - MathWorks
- Total Academic Headcount – 25 (Лицензия до 31.01.2022, сублиц. контракт 3010-07/01-19 от 09.01.19)
- Система инженерного моделирования ANSYS HF Academic Research (Дог. №3010-15/1349-14 от 19.11.2014)
- Пакет ПО для управления спектрофотометром USB 2000+ (OceanOptics), для анализа и обработки данных, Договор № 0331100013513000022 от 26.03.2013 г. (бессрочный).

## 19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1	Источники возбуждения для атомного эмиссионно-спектрального анализа	ПК-1,2,3,4,5	ПК-1.1; ПК-1.2; ПК-1.3; ПК-2.3; ПК-3.1; ПК-4.1; ПК-4.2; ПК-4.3; ПК-5.1; ПК-5.3	<i>Вопросы, тест</i>
2	Техника атомно-эмиссионного анализа	ПК-1,2,3,4,5	ПК-1.1; ПК-1.2; ПК-1.3; ПК-2.3; ПК-3.1; ПК-4.1;	<i>Вопросы, тест</i>

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
			ПК-4.2; ПК-4.3; ПК-5.1; ПК-5.3	
3	Техника абсорбционного спектрального анализа.	ПК-1,2,3,4,5	ПК-1.1; ПК-1.2; ПК-1.3; ПК-2.3; ПК-3.1; ПК-4.1; ПК-4.2; ПК-4.3; ПК-5.1; ПК-5.3	<i>Вопросы, тест</i>
4	Спектроскопия двухатомных молекул. Определение энергии диссоциации молекулы/2	ПК-1,2,3,4,5	ПК-1.1; ПК-1.2; ПК-1.3; ПК-2.3; ПК-3.1; ПК-4.1; ПК-4.2; ПК-4.3; ПК-5.1; ПК-5.3	<i>Вопросы, тест</i>
Промежуточная аттестация форма контроля – зачет, зачет с оценкой				<i>Вопросы, тест</i>

## 20. Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

### 20.1. Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: контрольные вопросы. Перед выполнением лабораторных работ студенты готовят конспекты с описанием теории, техники и методики лабораторного эксперимента. На занятии преподаватель осуществляет устный опрос по контрольным вопросам, проверяет конспекты.

Пример контрольных вопросов (заданий) для текущего контроля по разделам дисциплины:

Источники возбуждения атомных эмиссионных спектров:

1. Общая характеристика и перечень источников возбуждения, используемых в атомном эмиссионном спектральном анализе.
2. Три группы элементов таблицы Менделеева по степени трудности возбуждения. Потенциалы возбуждения и ионизации разных химических элементов.
3. Дуговой способ возбуждения атомов и ионов. Особенности этого способа: плотность тока, температура разряда, поступление вещества в разряд, экспозиция при записи дугового спектра и т.д. Условия возбуждения в дуге: сила тока, напряжение, чистота и форма заточки электродов, величина межэлектродного промежутка. Влияние условий возбуждения в дуге на стабильность горения дуги, точность, воспроизводимость результатов анализа, плотность тока, абсолютная интенсивность линий нейтральных атомов и ионов и их относительная интенсивность.
4. Искровой способ возбуждения атомов и ионов. Особенности этого способа: плотность тока, температура разряда, стадии искрового разряда, длительность периодов разряда, поступление вещества в разряд, экспозиция при записи искрового спектра, мягкий и жесткий режим возбуждения. Условия возбуждения в искре: сила тока, напряжение, межэлектродный промежуток, чистота и форма заточки электродов, емкость, индуктивность. Влияние условий возбуждения в искре на стабильность горения искры, воспроизводимость результатов анализа, плотность тока, интенсивность линий ионов.
5. Принципиальные схемы дуги и искры.
6. Сравнительная характеристика дугового и искрового способов возбуждения.
7. Рекомендации по выбору источника возбуждения при решении конкретной задачи качественного и количественного спектрального анализа.
8. Случайные и систематические ошибки эмиссионного анализа при работе с дугой и искрой.

9. Устройство и принцип работы источника возбуждения спектров ИВС-29.
10. Устройство и принцип работы спектрографа PGS-2.

#### Техника атомного эмиссионного анализа:

1. Устройство спектрального прибора, его три составные части, их назначение. Диспергирующие элементы, материал для диспергирующих систем. Щель спектрального прибора. Объективы.
2. Дисперсия спектрографа – угловая, линейная, единицы измерения. Дисперсия дифракционного спектрального прибора. Способы увеличения линейной дисперсии.
3. Теоретическая и реальная разрешающая способность спектральных приборов. Способы улучшения разрешающей способности.
4. Дифракционная решетка, ее назначение, устройство, принцип действия. Характеристики решетки – дисперсия, разрешающая способность, область дисперсии. Изготовление решеток, реплики, эшелетты. Дефекты решеток. Типы решеток: отражательные, прозрачные, голографические, плоские, вогнутые, их характеристики, принцип действия.
5. Характеристика дифракционных спектров разных порядков. Преимущества и недостатки спектров разных порядков. Типы дифракционных спектральных приборов, особенности их оптических схем (схемы с плоскими, вогнутыми решетками). Сравнение спектрографов с плоскими и вогнутыми решетками, преимущества, недостатки, назначение.
6. Характеристики дифракционных спектрографов: рабочая область, дисперсия, разрешающая способность, светосила. Способы улучшения характеристик дифракционных приборов.
7. Способы разделения спектров различных порядков. Спектрографы с искривленной дисперсией.

#### Техника абсорбционного спектрального анализа:

1. Электронно-колебательно-вращательные спектры многоатомных молекул (происхождение, правила отбора, классификация электронных переходов, экспериментальные признаки различного типа переходов).
2. Законы поглощения света, границы их применимости, причины “отклонения” от закона.
3. Спектрофотометры для УФ и видимой области спектра, особенности их оптических схем, основные характеристики, принцип действия.
4. Источники и приемники излучения для УФ и видимой области, их основные характеристики, требования, предъявляемые к ним.
5. Порядок измерения спектров поглощения на спектрофотометрах. Точность. Воспроизводимость.
6. Модели спектрофотометров, критерии выбора для решения конкретных задач.
7. Способы представления кривых поглощения. Спектральные параметры полос и их физический смысл.
8. Применение электронных спектров поглощения для идентификации вещества. Условия проведения идентификации.
9. Количественный анализ по спектрам поглощения молекул. Методы определения концентрации веществ в растворах однокомпонентных, 2-х компонентных и многокомпонентных систем.
10. Условия выбора оптимальных длин волн для анализа. Точность методов количественного анализа по спектрам поглощения.

#### Спектроскопия двухатомных молекул. Определение энергии диссоциации молекулы $I_2$ :

1. Электронно-колебательно-вращательные спектры двухатомных молекул. Основные закономерности в спектрах поглощения.
2. Полосатые и сплошные электронные спектры поглощения двухатомных молекул. Граница схождения полос. Диссоциация молекул. Основные спектроскопические методы

определения энергии диссоциации молекул в основном и возбужденном состоянии. Оценка методов, возможности и ограниченность применения методов, точность методов.

3. Диссоциация молекул I<sub>2</sub>. Продукты диссоциации. Интерпретация полученного спектра поглощения I<sub>2</sub>. Техника определения энергии диссоциации, требования, предъявляемые к аппаратуре при применении этого метода.

## 20.2. Промежуточная аттестация

Оценка на зачете выставляется по результатам текущего контроля успеваемости при выполнении следующих условий обучающимся:

- посещение всех лабораторных занятий;
- выполнение лабораторных работ, оформление отчета;
- успешное прохождение текущей аттестации (положительная оценка по результатам опросов по контрольным вопросам)

Для оценивания результатов обучения на зачете используются следующие показатели:

- 1) знание учебного материала, владение понятийным аппаратом и теоретическими основами дисциплины;
- 2) умение связывать теорию с практикой;
- 3) умение описывать основные характеристики спектральных приборов;
- 4) владение знаниями о современных спектральных приборах и принципах их работы.

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения:

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
<i>Посещение всех лабораторных занятий. Выполнение всех заданий. Полный ответ на КИМ зачетного занятия. Правильные ответы на дополнительные вопросы.</i>	<i>Повышенный уровень</i>	<i>Зачтено/отлично</i>
<i>Посещение лабораторных занятий. Выполнение заданий с незначительными замечаниями. Полный ответ на КИМ зачетного занятия. Неполные, неправильные ответы на ряд дополнительных вопросов.</i>	<i>базовый уровень</i>	<i>Зачтено /хорошо</i>
<i>Пропуски лабораторных занятий. Выполнение заданий с существенными замечаниями. Неполный ответ на КИМ зачетного занятия. Неполные, неправильные ответы на ряд дополнительных вопросов.</i>	<i>Пороговый уровень</i>	<i>Зачтено /удовлетворительно</i>
<i>Пропуски большинства лабораторных занятий, не выполнение заданий. Неправильный ответ на КИМ зачетного занятия. Отсутствие ответов на большинство дополнительных вопросов.</i>	<i>–</i>	<i>Не зачтено/ неудовлетворительно</i>

Примерные тестовые задания для текущего и промежуточного контроля знаний:

1. Эмиссионный спектр атомов какого элемента содержит большее число линий?
  - 1) лития
  - 2) бария
  - 3) алюминия
  - 4) урана
2. Почему в атомно-абсорбционной спектроскопии (ААС) часто используют характеристическую линию элемента?
  - 1) Она легче всего поддается визуальному наблюдению
  - 2) Это наиболее широкая линия в спектре

- 3) При этом достигается максимальная чувствительность анализа
- 4) У такой линии максимален эффект самопоглощения

3. Источники возбуждения атомных эмиссионных спектров необходимы для перевода анализируемой пробы вначале в газообразное, а затем в возбужденное состояние. Они должны обеспечить получение больших и по возможности постоянных интенсивностей излучения спектральных линий исследуемых элементов.

Установите соответствие между элементами и источниками их возбуждения:

<u>Элементы</u>	<u>Источники возбуждения</u>
А) атомы щелочных металлов	1) Пламя
Б) атомы инертных газов	2) Дуга
	3) Искра

Ответ: А-1, Б-3

4. Все элементы таблицы Менделеева условно разделяют на три группы: легковозбудимые атомы, трудновозбудимые и атомы средней степени возбуждения. Эти элементы отличаются потенциалами ионизации. К группе трудновозбудимых элементов относятся атомы, потенциал возбуждения которых не менее:

- 1) 2 эВ
- 2) 5 эВ
- 3) 9 эВ
- 4) 20 эВ

5. Для создания пламени используют горелки. Различают два типа классических газовых горелок: Бунзена и Бекмана. Укажите все отличительные особенности горелки Бунзена:

- 1) горючий газ и окислитель смешиваются до выхода из сопла;
- 2) смешение газов происходит непосредственно в зоне горения над соплом;
- 3) горение характеризуется неупорядоченным, пульсирующим движением малых объёмов таких смесей;
- 4) пламя является ламинарным.

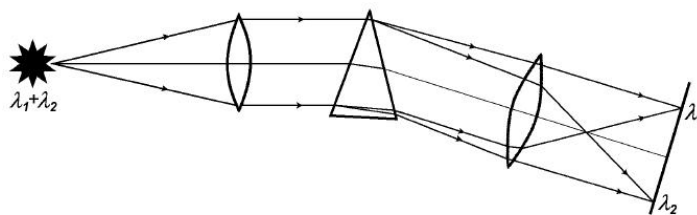
6. Основным ограничением применения дугового атомно-эмиссионного метода является:

- 1) Высокая стоимость аппаратуры и расходных материалов
- 2) Сложность проведения качественного анализа
- 3) Малая чувствительность
- 4) Сложность проведения количественного анализа
- 5) Небольшой круг определяемых элементов

7. Каково основное назначение входной щели в приборах для проведения атомно-эмиссионного анализа?

- 1) Ослабление фона
- 3) Выделение части спектрального диапазона
- 4) Формирование параллельного пучка света
- 5) Формирование изображения в фокальной плоскости объектива приемника сигнала

8. Ниже дана предельно упрощенная оптическая схема прибора для атомно-эмиссионного анализа. Какой абсолютно необходимый элемент пропущен на этой схеме?



- 1) Коллиматор 2) Компаратор 3) Щель 4) Диспергирующий элемент

9. Для чего в оптических спектральных приборах часто устанавливают две или даже три призмы?

- 1) Для увеличения угловой дисперсии прибора
- 2) Для уменьшения светосилы прибора
- 3) Для увеличения спектрального диапазона прибора
- 4) В этом случае прибор проще в изготовлении

10. Любой спектральный прибор имеет ряд основных и второстепенных характеристик. Укажите, какие из перечисленных характеристик не относятся к основным:

- 1) угловая дисперсия;
- 2) астигматизм и кривизна спектральных линий,
- 3) разрешающая способность;
- 4) светосила;
- 5) положение и форма фокальной поверхности.

11. Любой приемник излучения характеризуется следующими четырьмя основными параметрами: порогом чувствительности, коэффициентом преобразования, постоянной времени и областью спектральной чувствительности. Чем определяется порог чувствительности приемника?

- 1) наличием флуктуационных процессов – шумов;
- 2) длиной волны падающего излучения;
- 3) временем  $t$ , по истечении которого сигнал достигает определенной доли от максимального установившегося значения;
- 4) областью спектра, в которой падающий поток излучения (превышающий пороговый) вызывает в приемнике сигнал.

12. Основным ограничением применения атомно-абсорбционной спектроскопии (ААС) является:

- 1) Малая чувствительность
- 2) Большая погрешность измерений
- 3) Сложность проведения количественного анализа
- 4) Необходимость перенастройки аппаратуры для определения каждого элемента

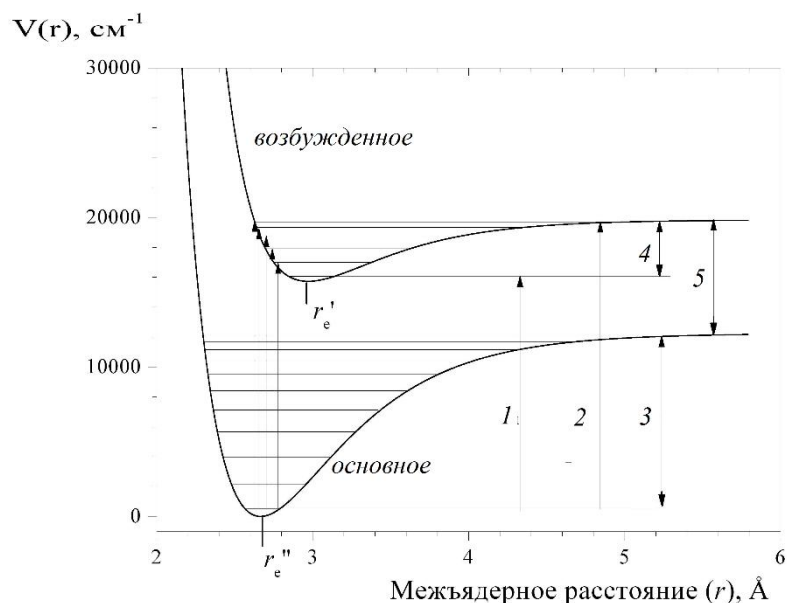
13. Какое уравнение соответствует закону Ламберта-Бугера-Бера?

- |  |                             |
|--|-----------------------------|
| 1) $D = \varepsilon \cdot L \cdot C;$                | 3) $I = a \cdot C^b;$       |
| 2) $D_{\text{общ}} = D_1 + D_2 + D_3 + \dots + D_n;$ | 4) $D = k \cdot L \cdot C.$ |

14. В зависимости от типа движения молекулы, которое возбуждается при переходах, линии спектров поглощения и испускания попадают в существенно разные спектральные области. В какую область попадают колебательные спектры?

- 1) видимую;
- 2) ультрафиолетовую;
- 3) среднюю инфракрасную;
- 4) дальнюю инфракрасную.

15. На рисунке показаны уровни энергии и кривые потенциальной энергии основного и возбужденного электронных состояний молекулы йода. Укажите номер стрелки, соответствующей энергии диссоциации основного состояния.



Ответ: 4.

Примерные задания с кратким ответом для текущего и промежуточного контроля знаний:

1. Светопропускание исследуемого раствора равно 80%. Вычислить оптическую плотность этого раствора.
2. Чему равно светопопускание раствора с оптической плотностью 0,3?
3. Определите молярный показатель поглощения спиртового раствора йода на длине волны 546 нм, если при прохождении кюветы с раствором длиной 0,7 см интенсивность света уменьшилась в 10 раз. Молярная концентрация спиртового раствора йода составляет  $235 \text{ моль/м}^3$ .
4. Чему равна оптическая плотность спиртового раствора йода на длине волны 546 нм, если при прохождении кюветы с раствором длиной 0,7 см интенсивность света уменьшилась в 10 раз.
5. Определите коэффициент пропускания спиртового раствора йода на длине волны 546 нм, если при прохождении кюветы с раствором длиной 0,7 см интенсивность света уменьшилась в 10 раз.
6. Сколько штрихов на каждый миллиметр содержит дифракционная решетка, если при наблюдении в монохроматическом свете ( $\lambda = 0,6 \text{ мкм}$ ) максимум пятого порядка отклонен на угол  $\varphi = 18^\circ$ ?
7. С помощью дифракционной решетки с периодом  $d = 20 \text{ мкм}$  требуется разрешить дублет натрия (589,0 нм и 589,6 нм) в спектре второго порядка. При какой наименьшей длине решетки это возможно?
8. Вставьте пропущенное слово:

ширина щели – та ширина щели, начиная с которой освещенность, а, следовательно, интенсивность монохроматической спектральной линии не растёт (практически) с увеличением ширины щели.

9. Вставьте пропущенное слово:

определяет предельную интенсивность, создаваемую данным прибором при данном источнике света в фокальной плоскости фотоприемника.

10. В лабораторном эксперименте была определена граница схождения полос схождения полос со сплошным спектром  $\lambda_{ap} = 495,2$  нм. Энергия возбуждения продуктов диссоциации для йода составляет 0.94 эВ. Рассчитайте энергию диссоциации йода в эВ.

Примерные задания с развернутым ответом для текущего и промежуточного контроля знаний:

1. В лабораторию доставлен образец минерала. Необходимо оценить содержание в этом образце лития, рубидия и цезия. Выберите наиболее рациональный метод: атомно-эмиссионный анализ с использованием дуги; атомно-эмиссионный анализ с использованием искры; фотометрия пламени; атомно-абсорбционная спектроскопия. Поясните свой выбор.

2. Что является основным ограничением применения дугового атомно-эмиссионного метода?

3. Каково основное назначение входной щели в приборах для проведения атомно-эмиссионного анализа?

4. Как принцип Борна-Оппенгеймера позволяет упростить решение уравнения Шредингера для молекул и расчет спектров?

5. Наряду с молекулярными спектрами, имеющими более или менее отчетливо выраженную дискретную линейчато-полосатую структуру очень часто наблюдаются сплошные спектры. Чем это можно объяснить?