

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

УТВЕРЖДАЮЮ

Заведующий кафедрой
оптики и спектроскопии

(Овчинников О.В.)

подпись, расшифровка подписи

14.06.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДВ.03.01 Спектральный анализ

Код и наименование дисциплины в соответствии с Учебным планом

1. Шифр и наименование направления подготовки/специальности:

12.03.03 – Фотоника и оптоинформатика

2. Профиль подготовки/ специализация/ магистерская программа:

Фотоника и оптоинформатика

3. Квалификация (степень) выпускника:

Высшее образование (бакалавр)

4. Форма образования:

Очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:

кафедра оптики и спектроскопии

6. Составители программы: Леонова Лиана Юрьевна, кандидат физико-математических наук, доцент, Кондратенко Тамара Сергеевна, кандидат физико-математических наук, доцент,

7. Рекомендована: НМС физического ф-та ВГУ протокол № 6 от 13.06.2024

(наименование recommending структуры, дата, номер протокола)

8. Учебный год: 2026/2027

Семестр(-ы): 6

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Целями освоения учебной дисциплины являются: изучение основных механизмов и моделей для описания взаимодействия электромагнитного излучения с веществом, формирующего энергетическую диаграмму уровней, основных характеристик уровней энергии и вероятности переходов, причин уширения спектральных линий, основных понятий спектроскопии, распространения электромагнитного излучения в веществе, численных методы расчета распространения электромагнитного излучения, поглощения и излучения, типов и систем атомных и молекулярных спектров, их характеристик и особенностей, правил отбора и вероятности переходов для одноэлектронных атомов, основных методов исследования атомных и молекулярных спектров.

Задачи учебной дисциплины:

- научиться пользоваться обширным справочным материалом по спектроскопии атомов и молекул для нахождения нужных атомных и молекулярных констант, таких как силы осцилляторов, вероятности переходов, времена жизни, дипольные моменты др.;
- уметь выбирать метод спектрального исследования, регистрировать и анализировать спектры;
- планировать и разрабатывать программу спектральных исследований материалов; проводить самостоятельные экспериментальные и модельные исследования оптических свойств материалов и количественно анализировать полученные результаты;
- овладеть навыками теоретического анализа оптических спектров атомов и молекул.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: *часть, формируемая участниками образовательных отношений, дисциплины по выбору (Б1.В.ДВ.3), блок Б1.*

11. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины:

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-6	Способен создавать базы данных о физических свойствах и технологических особенностях наноструктурных материалов	ПК-6.2	Определяет степень достоверности результатов экспериментальных исследований и составление реестра параметров наноструктурных материалов	Знать: принципы определения степени результатов экспериментальных исследований. Уметь: составлять реестр параметров наноструктурных материалов. Владеть: навыками определения степени достоверности результатов экспериментальных исследований.
ПК-7	Способен проводить экспериментальную проверку выбранных технологических решений производства приборов и исследование параметров наноструктурных материалов в соответствии с утвержденной методикой	ПК-7.1	Организует и контролирует экспериментальные проверки разработанных технологических процессов	Знать: принципы контроля экспериментальных проверок технологических процессов. Уметь: организовывать проведение экспериментальной проверки разработанных технологических процессов. Владеть: владеть навыками организации проверки технологических процессов.

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час.(в соответствии с учебным планом)
— 5/180.

Форма промежуточной аттестации: *зачёт с оценкой*

13. Виды учебной работы:

Вид учебной работы	Трудоемкость	
	Всего	По семестрам
		№ 6
Аудиторные занятия	100	100
в том числе:	лекции	50
	практические	
	лабораторные	50
Самостоятельная работа	80	80
в том числе: курсовая работа (проект)		
Форма промежуточной аттестации <i>Зачет с оценкой</i>		
Итого:	180	180

13.1 Содержание дисциплины:

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1. Лекции		
1.1	<i>Введение.</i>	<i>Проблемы современной оптики и спектроскопии. Обзор основных явлений, возникающих при взаимодействии электромагнитного излучения с веществом. Классификация методов спектрального анализа. Выбор метода анализа. Основные понятия оптической спектроскопии</i>
1.2	<i>Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом</i>	<i>Основные механизмы и модели для описания взаимодействия электромагнитного излучения с веществом, формирующего энергетическую диаграмму уровней, основные характеристики уровней энергии и вероятностей переходов, причины уширения спектральных линий</i>
1.3	<i>Распространение электромагнитного излучения в веществе</i>	<i>Численные методы расчета распространения электромагнитного излучения, поглощения и излучения</i>
1.4	<i>Типы и системы атомных и молекулярных спектров</i>	<i>Характеристики и особенности атомных и молекулярных спектров, правила отбора и вероятности переходов для одноэлектронных атомов, основные методы исследования атомных и молекулярных спектров.</i>
3. Лабораторные работы		
3.1	<i>Атомная спектроскопия</i>	<i>Техника получения и анализа атомных эмиссионных спектров. Изучение сериальной структуры атома алюминия</i>
3.2	<i>Молекулярная спектроскопия</i>	<i>Техника получения и анализа абсорбционных спектров многоатомных молекул</i>

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)				Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	
1.	<i>Введение.</i>	2			6	8
2.	<i>Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом</i>	14			14	28
3.	<i>Распространение</i>	12			14	26

	электромагнитного излучения в веществе				
4.	Типы и системы атомных и молекулярных спектров	22		14	36
5.	Атомная спектроскопия		20	16	36
6.	Молекулярная спектроскопия		30	16	46
	Итого	50	50	80	180

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

- Чтение основной и дополнительной литературы.
- Самостоятельное изучение материала по литературным источникам.
- Подготовка к лабораторным занятиям, подготовка отчетов.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1.	Слюсарева, Е. А. Оптическая спектроскопия: сложные молекулы : учебное пособие / Е. А. Слюсарева, М. А. Герасимова, Н. В. Слюсаренко. — Красноярск : СФУ, 2018. — 116 с. — ISBN 978-5-7638-3941-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/117772
2.	Киреев, С. В. Современные методы оптической спектроскопии технологических сред : учебное пособие для вузов / С. В. Киреев, С. Л. Шнырев. — 2-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 147 с. — (Университеты России). — ISBN 978-5-534-11020-3. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/442568
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: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=485007 . — Библиогр.: с. 44-45. — Текст : электронный.
4.	Мицуля, Т. П. Физико-химические методы исследования: практикум : учебное пособие / Т. П. Мицуля, Е. А. Нечаева, И. В. Темерева. — Омск : Омский ГАУ, 2017. — 110 с. — ISBN 978-5-89764-616-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/102202

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
5.	Спектральные методы анализа : учебно-методическое пособие / В.И. Васильева [и др.]. — Воронеж : Науч. кн., 2011. — 212 с.
6.	Оптические методы исследования вещества : пособие : специальность 010701 (010400) - физика / Воронеж. гос. ун-т; сост. : Т.В. Волошина, И.В. Кавецкая, Л.Ю. Леонова. — Воронеж : ЛОП ВГУ, 2005. — 75 с.
7.	Барковский В.Ф. Дифференциальный спектрофотометрический анализ / В.Ф. Барковский, В.И. Ганопольский. - М.: Химия, 1969. - 168 с.
8.	Лебедева В.В. Техника оптической спектроскопии: учеб. пособие для студ. физич. и физ. — мат. фак-в ун-тов / В.В. Лебедева. М. : Изд-во Московского ун-та, 1997. — 383 с.
9.	Светосильные спектральные приборы / Под ред. К.И. Тарасова. — М.: Наука, 1988. — 264 с.
10.	Панков Ж. Оптические процессы в полупроводниках / Ж. Панков. — М. : Мир, 1973. — 456 с.
11.	Физические методы анализа следов элементов./ Под ред. Г. Моррисона. — М.: Мир, 1967. — 416 с.
12.	Беля Р.Дж. Введение в фурье-спектроскопию / Р.Дж. Беля. — М. : Мир, 1975. — 160 с.
13.	Майар Ж.П. Применение фурье-спектроскопии в ближней инфракрасной области к астрономическим проблемам // Инфракрасная спектроскопия высокого разрешения / Под ред. Г.Н. Жижина. — М. : Мир, 1972. — С. 128-200.
14.	Спектральный анализ чистых веществ./ Под ред. Х.И. Зильберштейна. - Л.: Химия, 1971. - 416 с.
15.	Кузяков И.Я. Методы спектрального анализа : учеб. пособие для студ. химических специальностей ун-тов / Ю.Я. Кузяков, К.А. Семенов, Н.Б. Зоров. — М. :Изд-во Московского ун-та, 1990. — 212 с.
16.	Ахманов С.А. Методы нелинейной оптики в спектроскопии рассеянного света / С.А. Ахманов, Н.И. Коротеев. — М.: Наука, 1981. — 543 с.
17.	Поверхностные поляритоны / Под ред. В.М. Аграновича, Д.Л. Миллса. — М. : Наука, 1985. — С. 6–10.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
1.	Поисковая система e-library.ru

2.	Поисковая система google.ru
3.	Архив научных журналов http://arch.neicon.ru/
4.	Единое окно доступа к образовательным ресурсам. Библиотека http://window.edu.ru/
5.	Электронный каталог ЗНБ ВГУ https://www.lib.vsu.ru/
6.	Электронная библиотека Попечительского совета механико-математического факультета МГУ lib.mexmat.ru

16. Учебно-методическое обеспечение для организации самостоятельной работы:

№ п/п	Источник
1	Учебно-методические указания к лабораторным занятиям дисциплины "Спектральный анализ"
2	Электронный учебный курс "Спектральный анализ".

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

В учебном процессе используются следующие образовательные технологии. По образовательным формам: лекционные и практические занятия. Преобладающими методами и приемам обучения являются: объяснительно-иллюстративные (объяснение, показ – демонстрация учебного материала и др.); активные (анализ учебной и научной литературы, составление схем и др.) и интерактивные, в том числе и групповые (взаимное обучение в форме подготовки и обсуждения докладов); информационные; мультимедийные (работа с сайтами академических структур, научно-исследовательских организаций, электронных библиотек и и др., разработка презентаций, сообщений и докладов, работа с электронными обучающими программами и т.п.).

Организационная структура лекционного занятия: 1. Формулировка темы, целей занятия, постановка проблемного вопроса. 2. Разъяснение вопросов теоретического и практического плана для решения поставленной проблемы. 3. Рассмотрение путей решения проблемного вопроса на конкретных примерах. 4. Заключение, формулировка выводов. 5. Формулировка задания для самостоятельной домашней работы. Озвучивание темы следующего занятия.

Организационная структура лабораторного занятия: 1. Формулировка целей занятия и ответы на вопросы студентов. 2. Ознакомление с теоретической основой работы, основными приемами и техникой безопасности при работе с используемыми приборами и реактивами. 3. Выполнение экспериментальной части работы. 4. Обработка экспериментальных результатов и предоставление их для предварительной проверки преподавателю.

Защита лабораторной работы проводится с целью выявления уровня освоения материала по тематике работы, способности дать правильную трактовку результатам, полученным при выполнении работы. Защита работы заключается в оформлении работ, устной беседе преподавателя со студентом по полученным в работе результатам и основным теоретическим понятиям по теме работы.

Текущий контроль проводится путем проверки выполнения домашнего задания, входного контроля (в виде самостоятельных и контрольных работ, докладов и рефератов).

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:

Ноутбук Asus, с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ВГУ, Проектор BenQ MS 612ST, Доска магнитно-маркерная 100*200. Программное обеспечение: ОС Windows (WinPro 8 RUS Upgrd OLP NL Acdmc), Microsoft Office (OfficeSTD 2013 RUS OLP NL Acdmc). Программная система для обнаружения текстовых заимствований в учебных и научных работах «Антиплагиат.ВУЗ». Office Standard 2019 Single OLV NL Each AcademicEdition Additional Product. Программный комплекс для ЭВМ - MathWorks. Система инженерного моделирования ANSYS HF Academic Research.

Учебно-научные аудитории, оснащенные оборудованием для проведения лабораторных занятий: ИВС-29, PGS-2PGS-2 с ПЗС-линейкой фирмы Toshiba TCD1304AP, компьютер P-4, проектор AserX110 DLP 2500 LumensSVGA (800*600), Оптический стол, Учебный волоконно-оптический спектрально-люминесцентный комплекс (Oceanoptics), Инфракрасный Фурье спектрометр Tensor 37,

Лазер с гауссовым резонатором LS-2132UTF, МДР-23, Модуль ФЭУ в составе: ФЭУ РМС-100-20 с контроллером управления DCC-100, преобразовательBecker&Hickl; детектор для ИК области InGaAs;KitKIT-IF-25C, преобразовательMicroPhotonDevices; Импульсный источник излучения;PICOPOWERLD 375, преобразовательAlphas; прецизионный, полностью автоматический спектрофлуориметр на базе монохроматора МДР-4 и ФЭУ-79, работающий в режиме счета фотонов; прецизионный, полностью автоматический спектрофлуориметр на базе монохроматора МДР-23 и ФЭУR955P (Hamamatsu), работающим в режиме счета фотонов; компьютер для обработки данных с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ВГУ.

Реализация дисциплины с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий осуществляется через образовательный портал "Электронный университет ВГУ" (<https://edu.vsu.ru>).

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)
ПК-6.2. Определяет степень достоверности результатов экспериментальных исследований и составление реестра параметров наноструктурных материалов	Знать: принципы определения степени результатов экспериментальных исследований. Уметь: составлять реестр параметров наноструктурных материалов. Владеть: навыками определения степени достоверности результатов экспериментальных исследований.	Все разделы	КИМ
ПК-7.1. Организует и контролирует экспериментальные проверки разработанных технологических процессов	Знать: принципы контроля экспериментальных проверок технологических процессов. Уметь: организовывать проведение экспериментальной проверки разработанных технологических процессов. Владеть: владеть навыками организации проверки технологических процессов.	Все разделы	КИМ
Промежуточная аттестация форма контроля – зачет с оценкой			КИМ

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, владение понятийным аппаратом и теоретическими основами дисциплины;
- 2) умение связывать теорию с практикой;
- 3) умение описывать основные характеристики спектральных приборов;
- 4) владение знаниями о теоретических основах и современных методах молекулярной спектроскопии.

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
<i>Посещение лекционных занятий. Ответ на вопрос контрольно-измерительного материала во время зачета. Ответы на дополнительные вопросы. Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом и теоретическими основами дисциплины, способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач.</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. Недостаточно продемонстрировано теоретических основ дисциплины.</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. Имеет не полное представление о теоретических основах., допускает существенные ошибки.</i>	<i>Пороговый уровень</i>	<i>Удовлетворительно</i>
<i>Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым трем(четырем) из перечисленных показателей. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки.</i>	<i>–</i>	<i>Неудовлетворительно</i>

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 с оценкой:

1. Обзор основных явлений, возникающих при взаимодействии электромагнитного излучения с веществом.
2. Классификация методов спектрального анализа.
3. Общая классификация методов атомного спектрального анализа.
4. Атомно-абсорбционная спектроскопия.
5. Оптическая атомно-эмиссионная спектрометрия с индуктивно связанной плазмой.
6. Общие аспекты определения следов элементов. Обзор спектральных методов определения следов элементов в веществе.
7. Метод непосредственной фотометрии
8. Обзор методов двухлучевой спектрофотометрии.
9. Основные источники ошибок спектрофотометрическом анализе. Идеальная система.
10. Формула ошибок в случае метода непосредственной фотометрии.
11. Формулы ошибок в дифференциальной спектрофотометрии.
12. Численные методы расчета распространения электромагнитного излучения.