

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

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой  
оптики и спектроскопии



(Овчинников О.В.)

подпись, расшифровка подписи

14.06.2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1.В.ДВ.04.02 Современная оптическая спектроскопия

1. Код и наименование направления подготовки: 12.04.03 Фотоника и  
оптоинформатика

2. Профиль подготовки: Материалы и устройства фотоники и нанофотоники

3. Квалификация выпускника: магистр

4. Форма образования: очная

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

6. Составители программы: Смирнов Михаил Сергеевич, доктор физико-  
математических наук, доцент

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

8. Учебный год: 2025 / 2026

Семестр(-ы): 3

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины:

**Целями освоения учебной дисциплины являются:** формирование профессиональной компетенции студентов физического факультета, обучающихся на по магистерской программе "Перспективные материалы и устройства фотоники", в области современных методов оптической спектроскопии молекул, кристаллов и наноструктур.

**Задачи учебной дисциплины:**

- сформировать у студентов навыки практического использования основных методов современной оптической спектроскопии;
- получить практические навыки подготовки проб для анализа, записи и интерпретации спектров в рамках каждого метода.

**10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:** дисциплина Б1.В.ДВ.04.02 "Современная оптическая спектроскопия" относится к части к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока Б1, дисциплины по выбору

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

| Код  | Название компетенции   | Код(ы) | Индикатор(ы)  | Планируемые результаты обучения   |
|------|--|--------|---|---|
| ПК-2 | Способен экспериментально исследовать перспективные материалы и моделировать процессы в устройствах фотоники и оптоинформатики | ПК-2.1 | Ставит задачи и определяет набор параметров, с учетом которых должно быть проведено моделирование процессов, явлений и особенностей работы устройств фотоники и оптоинформатики | знать: основные подходы к исследованиям перспективных материалов и моделированию процессов в устройствах фотоники и оптоинформатики<br>уметь: экспериментально исследовать перспективные материалы и моделировать процессы в устройствах фотоники и оптоинформатики<br>владеть: современными методиками экспериментального исследования перспективных материалов и моделирования процессов в устройствах фотоники и оптоинформатики |
|      |  | ПК-2.2 | Осуществляет подбор оборудования и комплектующих необходимых для проведения исследований, разрабатывает методики оптических и фотонных исследований                             |   |
|      |  | ПК-2.3 | Проводит анализ полученных результатов моделирования работы устройств фотоники и оптоинформатики на основе физических процессов и   |   |

|  |  |         |  |
|--|--|---------|--|
|  |  | явлений |  |
|--|--|---------|--|

## 12. Объем дисциплины в зачетных единицах/часах в соответствии с учебным планом — 2/72

Форма промежуточной аттестации: зачет

### 13 Виды учебной работы

| Вид учебной работы                    |              | Трудоемкость |              |
|---------------------------------------|--------------|--------------|--------------|
|                                       |              | Всего        | По семестрам |
|                                       |              |              | 3            |
| Аудиторные занятия                    |              | 32           |              |
| в том числе:                          | лекции       | 32           | 32           |
|                                       | практические |              |              |
|                                       | лабораторные |              |              |
| Самостоятельная работа                |              | 40           | 40           |
| в том числе: курсовая работа (проект) |              |              |              |
| Форма промежуточной аттестации        |              |              | зачет        |
| Итого:                                |              | 72           | 72           |

### 13.1 Содержание разделов дисциплины:

| № п/п            | Наименование раздела дисциплины                     | Содержание раздела дисциплины   |
|------------------|---|---|
| <b>1. Лекции</b> |   |   |
| 1                | Введение. Абсорбционная электронная спектроскопия.  | Коэффициенты Эйнштейна. Закон Бугера. Одно- и двухлучевые спектрофотометры. Устройство и назначение интегрирующий сферы.  |
| 2                | Фемтосекундная спектроскопия наведенного поглощения | Фемтосекундная спектроскопия наведенного поглощения молекул, упорядоченных агрегатов, наноструктур  |
| 3                | Инфракрасная спектроскопия                          | Спектроскопия ИК поглощения и комбинационного рассеяния. Устройство современных ИК и Раман-спектрофотометров. Методика нарушенного полного внутреннего отражения. Методика гигантского комбинационного рассеяния. |
| 4                | Люминесцентная спектроскопия.                       | Устройство спектрофлуориметров. Дифракционные и призмные спектральные приборы. Источники возбуждения люминесценции. Время-разрешённые люминесцентные исследования.  |

### 13.2 Разделы дисциплины и виды занятий:

| № п/п | Наименование раздела дисциплины                     | Виды занятий (часов) |              |              |                        |           |
|-------|---|----------------------|--------------|--------------|------------------------|-----------|
|       |   | Лекции               | Практические | Лабораторные | Самостоятельная работа | Всего     |
| 1     | Введение. Абсорбционная электронная спектроскопия.  | 8                    |              |              | 10                     | 18        |
| 2     | Фемтосекундная спектроскопия наведенного поглощения | 8                    |              |              | 10                     | 18        |
| 3     | Инфракрасная спектроскопия                          | 8                    |              |              | 10                     | 18        |
| 4     | Люминесцентная спектроскопия.                       | 8                    |              |              | 10                     | 18        |
|       | <b>Итого</b>  | <b>32</b>            |              |              | <b>40</b>              | <b>72</b> |

## 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Основными этапами освоения дисциплины являются:

- 1) Лекции. В ходе лекционных занятий студенту необходимо вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском искусстве. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций
- 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. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

| № п/п | Источник   |
|-------|--|
| 1.    | Ефимова, О. С. Аналитическая спектроскопия : учебное пособие / О. С. Ефимова, О. Н. Булгакова, Г. О. Еремеева. — Кемерово : КемГУ, 2022. — 113 с. — ISBN 978-5-8353-2927-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/309074">https://e.lanbook.com/book/309074</a> (дата обращения: 23.09.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.                                   |
| 2.    | Рябухин, Ю. И. Электронная абсорбционная спектроскопия в органической химии : учебное пособие для вузов / Ю. И. Рябухин. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 284 с. — ISBN 978-5-507-47519-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/385088">https://e.lanbook.com/book/385088</a> (дата обращения: 23.09.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей. |
| 3.    | Фадейкина, И. Н. ИК-спектроскопия с преобразованием Фурье : учебное пособие / И. Н. Фадейкина, Н. А. Полотнянко. — Дубна : Государственный университет «Дубна», 2021. — 66 с. — ISBN 978-5-89847-626-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/196911">https://e.lanbook.com/book/196911</a> (дата обращения: 23.09.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.       |
| 4.    | Тимофеев, В. Б. Оптическая спектроскопия объемных полупроводников и наноструктур : учебное пособие / В. Б. Тимофеев. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 512 с. — ISBN 978-5-8114-1745-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/209666">https://e.lanbook.com/book/209666</a> (дата обращения: 23.09.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.                       |

б) дополнительная литература:

| № п/п | Источник  |
|-------|---|
| 5.    | Люминесцентный анализ вещества : Пособие для студентов : Специальность "Физика" (010400) / Воронеж. гос. ун-т, Каф. оптики и спектроскопии; Сост. :Т.В. Волошина, И.В. Кавецкая .— Воронеж, 2004 .— 35 с.   |
| 6.    | Люминесценция кристаллов : учебное пособие для вузов : [для студ. 4 к. днев. отд-ния физ. фак. направления 010700-Физика, специальности 010701-Физика] / Воронеж. гос. ун-т ; сост.: Т.В. Волошина, И.В. Кавецкая , Л.Ю. Леонова .— Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2012 .— 80 с. : ил. <URL: <a href="http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m12-137.pdf">http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m12-137.pdf</a> >. |
| 7.    | <a href="#">Антонов-Романовский, В.В.</a> Кинетика фотолуминесценции кристаллофосфоров / В.В. Антонов-  |

|     |  |
|-----|--|
|     | Романовский ; АН СССР, Физический ин-т им. П.Н. Лебедева .— М. : Наука, 1966 .— 323 с.   |
| 8.  | <a href="#">Кюри, Д.</a> Люминесценция кристаллов / Д. Кюри ; Пер. с фр. Н.М. Лозинской, под ред. Н.А. Толстого .— М. : Изд-во иностр. лит-ры, 1961 .— 200 с.                                      |
| 9.  | <a href="#">Галанин, М.Д.</a> Люминесценция молекул и кристаллов / М.Д.Галанин ; Рос.акад.наук, Физ.ин-т им. П.Н.Лебедева, УНЦ "Фундамент. оптика и спектроскопия" .— М., 1999 .— 199 с.           |
| 10. | В.В. Егоров, М.В. Алфимов « <a href="#">Теория J-полосы: от экситона Френкеля к переносу заряда</a> » Успехи физических наук. 2007. Т.177. С.1033–1081.  |
| 11. | Лакович Д. Основы флуоресцентной спектроскопии / Пер. с англ. М.В. Козьменко, А.П. Савицкого; Под ред. М.Г. Кузьмина. — М. : Мир, 1986. — 496 с. ил.; 23   |
| 12. | <a href="#">Шапиро Б. И.</a> Теоретические начала фотографического процесса / Б.И. Шапиро .— М. : Эдиториал УРСС, 2000 .— 288 с.,  |
| 13. | <a href="#">Адинович, Э.И.</a> Некоторые вопросы теории люминесценции кристаллов / Э.И. Адинович .— 2-е изд. — М. : Гос. изд-во техн.-теорет. лит., 1956 .— 350 с.                                 |
| 14. | <a href="#">Фок, М.В.</a> Введение в кинетику люминесценции кристаллофосфоров / М.В. Фок .— М. : Наука, 1964 .— 282 с.   |
| 15. | <a href="#">Степанов, Б.И.</a> Введение в современную оптику : Поглощение и испускание света квантовыми системами / Б.И. Степанов; Ред.В.П.Грибковский .— Минск : Навука і тэхніка, 1991 .— 479 с. |

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

| № п/п | Источник   |
|-------|--|
| 16.   | ЭБС Лань – <a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>                       |
| 17.   | Зональная научная библиотека ВГУ – <a href="http://www.lib.vsu.ru">http://www.lib.vsu.ru</a> |

#### 16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

| № п/п | Источник  |
|-------|---|
| 1.    | Люминесцентный анализ вещества : Пособие для студентов : Специальность "Физика" (010400) / Воронеж. гос. ун-т, Каф. оптики и спектроскопии; Сост. :Т.В. Волошина, И.В. Кавецкая .— Воронеж, 2004 .— 35 с.   |
| 2.    | Люминесценция кристаллов : учебное пособие для вузов : [для студ. 4 к. днев. отд-ния физ. фак. направления 010700-Физика, специальности 010701-Физика] / Воронеж. гос. ун-т ; сост.: Т.В. Волошина, И.В. Кавецкая , Л.Ю. Леонова .— Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2012 .— 80 с. : ил. <URL: <a href="http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m12-137.pdf">http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m12-137.pdf</a> >. |

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

В учебном процессе используются традиционные и дистанционная (ДОТ) образовательные технологии. По образовательным формам: лекции и лабораторные 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 др., 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.

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>), сервис видеоконференций BigBlueButton, электронная почта.

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

Специализированная мебель, проектор, ноутбук, экран. WinPro 8, OfficeStandard 2019, «Антиплагиат.BY3», MathWorks TotalAcademicHeadcount, ANSYSHFACademicResearch.

## 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   | Введение. Абсорбционная электронная спектроскопия.  | ПК-2           | ПК-2.1,<br>ПК-2.2,<br>ПК-2.3        | Вопросы            |
| 2   | Фемтосекундная спектроскопия наведенного поглощения |                |                                     |                    |
| 3   | Инфракрасная спектроскопия                          |                |                                     |                    |
| 4   | Люминесцентная спектроскопия.                       |                |                                     |                    |
| Промежуточная аттестация форма контроля – зачет |   |                |                                     | Вопросы            |

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

### 20.1. Текущая аттестация

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: вопросы для контроля освоения дисциплины. Форма проведения текущей успеваемости: коллоквиум. Задание на коллоквиуме включает в себя один вопрос из списка, время подготовки ответа 20 мин.

Пример вопросов (заданий) для текущего контроля усвоения дисциплины:

Сформулируйте следующие основные понятия (укажите смысл терминов):

1. Классификация методов оптической спектроскопии.
2. Назначение электронной абсорбционной спектроскопии.
3. Количественный анализ в методе электронной абсорбционной спектроскопии.
4. Представления о  $\pi$ ,  $n$  и  $\sigma$  электронах в молекулах.
5. Устройство спектрометра для электронной абсорбционной спектроскопии.
6. Назначение метода фемтосекундной спектроскопии наведенного поглощения.
7. Устройство спектрометра для реализации метода фемтосекундной спектроскопии наведенного поглощения.
8. Временное разрешение метода фемтосекундной спектроскопии наведенного поглощения.
9. Назначение абсорбционной инфракрасной спектроскопии.
10. Устройства основных типов применяемых спектрометров.
11. Разрешающая способность спектрометров для ИК области.
12. Применяемая в ИК спектроскопии оптика.
13. Назначение люминесцентной спектроскопии.
14. Устройство спектрофлуориметра.
15. Аппаратура для спектров возбуждения люминесценции.
16. Время-коррелированный счёт одиночных фотонов.

### Критерии и шкалы оценивания:

#### «зачтено»

– обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом и теоретическими основами по поставленному вопросу, способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований;

или

– обучающийся частично владеет понятийным аппаратом и теоретическими основами по поставленному вопросу, не способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований;

### «не зачтено»

– обучающийся не владеет понятийным аппаратом и теоретическими основами по поставленному вопросу, не способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований

## **20.2. Промежуточная аттестация**

Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине – зачет. Оценка за зачет может быть выставлена по результатам текущей успеваемости обучающегося в течение семестра на заключительном занятии. Оценки вносятся в аттестационную ведомость. При несогласии студента с оценкой последний вправе сдавать зачет на общих основаниях.

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: вопросы для контроля освоения дисциплины. Форма проведения промежуточной успеваемости: устный опрос. Задание включает в себя один вопрос из списка, время подготовки ответа 20 мин.

### Примерные вопросы для зачета по дисциплине:

1. Коэффициенты Эйнштейна.
2. Закон Бугера.
3. Одно- и двухлучевые спектрофотометры.
4. Устройство и назначение интегрирующий сферы.
5. Фемтосекундная спектроскопия наведенного поглощения молекул, упорядоченных агрегатов, наноструктур
6. Спектроскопия ИК поглощения и комбинационного рассеяния. Устройство современных ИК и Раман- спектрофотометров.
7. Методика нарушенного полного внутреннего отражения.
8. Методика гигантского комбинационного рассеяния.
9. Устройство спектрофлуориметров.
10. Дифракционные и призмные спектральные приборы.
11. Источники возбуждения люминесценции.
12. Время-разрешённые люминесцентные исследования.
13. Рекомбинационная, экситонная и внутрицентровая люминесценция коллоидных квантовых точек. Основные признаки рекомбинационного свечения и механизмы рекомбинации.
14. Влияние ловушек на кинетику люминесценции наносистем.
15. Экспериментальная аппаратура для исследования люминесцентных свойств молекул и кристаллов.
16. Поглощение света органическими молекулами.
17. Основные понятия, характеристики и законы люминесценции органических молекул.
18. Оптические спектры поглощения и люминесценции J-агрегатов полиметиновых красителей.
19. Классификация, связь строения красителей с их хромофорными свойствами.
20. Электронный спектр поглощения J- агрегата. Основные параметры.
21. Определение числа молекул в агрегате по оптическому спектру.
22. Абсорбционная электронная спектроскопия органических молекул.
23. Связь экспериментально измеряемых параметров со строением органических молекул.
24. Особенности абсорбционной спектроскопии полупроводниковых коллоидных квантовых точек.
25. Метод инфракрасной спектроскопии как метод исследования кристаллической структуры и строения органического пассиватора для полупроводниковых коллоидных квантовых точек.
26. Метод комбинационного рассеяния как метод исследования кристаллической структуры и строения органического пассиватора для полупроводниковых коллоидных квантовых точек.

### **Критерии и шкалы оценивания:**

#### «зачтено»

– обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом и теоретическими основами по поставленному вопросу, способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований;

или

—обучающийся частично владеет понятийным аппаратом и теоретическими основами по поставленному вопросу, не способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований;

«не зачтено»

— обучающийся не владеет понятийным аппаратом и теоретическими основами по поставленному вопросу, не способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований



