



## 9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Целями освоения учебной дисциплины являются: познакомить студентов с оптическими методами исследования вещества, основанными как на использовании фундаментальных явлений волновой оптики (интерференции, поляризации, дифракции и дисперсии света), так и квантовой оптики и электроники (тепловое излучение, фотоэлектрический эффект, фотохимические процессы, физика лазеров и др.).

### Задачи учебной дисциплины:

- рассмотреть основные методы дифференциальной спектрофотометрии, оптические методы анализа следов элементов;
- определить актуальность использования для анализа оптических свойств вещества светосильных спектральных приборов;
- изучить явление поверхностных электромагнитных волн;
- рассмотреть применение спектроскопии когерентного антистоксова рассеяния света и ближнепольной оптики.

**10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:** часть, формируемая участниками образовательных отношений, дисциплины по выбору (Б1.В.ДВ.4), блок Б1.

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

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-3	Способен оценивать параметры излучающих элементов приборов квантовой электроники и фотоники	ПК-3.4	Знает возможности процессов выращивания гетероструктур, методы формирования активного элемента, особенности режимов нанесения диэлектрических отражающих и просветляющих покрытий	<p><i>Знать: оптические методы исследования вещества, основанные на использовании фундаментальных явлений волновой (интерференции, поляризации, дифракции и дисперсии света) и квантовой (тепловое излучение, фотоэлектрический эффект, фотохимические процессы, физика лазеров и др.) оптики; основы теории и применения поверхностных электромагнитных волн; принципы действия ближнепольных микроскопов.</i></p> <p><i>Уметь: применять основные методы спектрофотометрического анализа, методы атомной спектроскопии при решении различных аналитических задач, использовать для анализа оптических свойств вещества светосильные</i></p>

				<p>спектральные приборы.</p> <p>Владеть: знаниями о применении оптических методов исследования вещества при решении различных научных и прикладных задач.</p>
ПК-6	Способен разрабатывать оптимальные спецификации для производства приборов квантовой электроники и фотоники на основе наноструктурных материалов по данным экспериментальных исследований и результатам анализа коммерческой информации	ПК-6.4	Согласовывает технические требования к параметрам разрабатываемых изделий, сроки выполнения этапов разработки, перечня и объема документации	

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час.(в соответствии с учебным планом) — 2 / 72.**

**Форма промежуточной аттестации(зачет/экзамен) зачет с оценкой.**

**13. Виды учебной работы:**

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам
			№ 6
Аудиторные занятия		42	42
в том числе:	лекции	14	14
	практические		
	лабораторные	28	28
Самостоятельная работа		30	30

Форма промежуточной аттестации зачет с оценкой		
Итого:	72	72

### 13.1 Содержание разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
01	Введение.	Проблемы современной оптики и спектроскопии. Обзор основных явлений, возникающих при взаимодействии электромагнитного излучения с веществом. Классификация методов спектрального анализа. Выбор метода анализа.
02	Оптические методы анализа следов элементов.	Общая классификация методов атомного спектрального анализа. Атомно-абсорбционная спектроскопия. Оптическая атомно-эмиссионная спектрометрия с индуктивно связанной плазмой. Общие аспекты определения следов элементов. Обзор спектральных методов определения следов элементов в веществе.
03	Методы дифференциальной спектрофотометрии.	Физические основы метода непосредственной спектрофотометрии. Обзор методов двухлучевой спектрофотометрии. Основные источники ошибок и формулы ошибок для различных методов спектрофотометрического анализа.
04	Фурье-спектроскопия.	Физические основы фурье-спектроскопии. Принципы работы фурье-спектрометра. Разрешающая способность фурье-спектрометров. Преимущества фурье-спектроскопии. Использование фурье-спектроскопии.
05	Поверхностные электромагнитные волны.	Определение поверхностных электромагнитных волн. Обзор методов их возбуждения. Применение поверхностных электромагнитных волн.
06	Спектроскопия когерентного антистоксова рассеяния света.	Рассеяние света. Элементарное описание спектроскопии когерентного антистоксова рассеяния света. Некоторые применения спектроскопии когерентного антистоксова рассеяния света.
07	Ближнепольная микроскопия.	Дифракционный предел. Оптическая и ближнепольная микроскопии. Разрешающая способность ближнепольных микроскопов. Применения ближнепольной оптики.
08	Принципы построения современных спектральных приборов. Особенности конструктивных элементов и сравнительный анализ возможностей спектральных приборов различных типов.	Основные принципы построения спектральных приборов. Параметры основных элементов спектрального прибора. Оптические схемы некоторых спектральных приборов

### 13.2 Разделы дисциплины и виды занятий:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)				Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	
01	Введение.	1			2	3
02	Оптические методы анализа следов элементов.	1		5	5	11
03	Методы дифференциальной спектрофотометрии.	2		5	5	12
04	Фурье-спектроскопия.	2		2	2	6

05	Поверхностные электромагнитные волны.	1		3	3	7
06	Спектроскопия когерентного антистоксова рассеяния света.	3		3	3	9
07	Ближнепольная микроскопия.	3		4	4	11
08	Принципы построения современных спектральных приборов. Особенности конструктивных элементов и сравнительный анализ возможностей спектральных приборов различных типов.	1		6	6	13
	Итого	14		28	30	72

**14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины** (рекомендации обучающимся по освоению дисциплины: работа с конспектами лекций, презентационным материалом, выполнение практических заданий, тестов, заданий текущей аттестации и т.д.)

Основными этапами освоения дисциплины являются:

- Изучение учебной, научной и методической литературы, материалов периодических изданий с привлечением электронных средств научной информации.
- Подготовка к лекционным занятиям.

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 лабораторных 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 и 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.	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: <a href="https://e.lanbook.com/book/117772">https://e.lanbook.com/book/117772</a>

2.	Киреев, С. В. <i>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: <a href="https://urait.ru/bcode/442568">https://urait.ru/bcode/442568</a></i>
3.	<i>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.</i>
4.	<i>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: <a href="https://e.lanbook.com/book/102202">https://e.lanbook.com/book/102202</a></i>

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
5.	<i>Спектральные методы анализа : учебно-методическое пособие / В.И. Васильева [и др.]. — Воронеж : Науч. кн., 2011. — 212 с.</i>
6.	<i>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.</i>
7.	<i>Барковский В.Ф. Дифференциальный спектрофотометрический анализ / В.Ф. Барковский, В.И. Ганапольский. - М.: Химия, 1969. - 168 с.</i>
8.	<i>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.</i>
9.	<i>Светосильные спектральные приборы / Под ред. К.И. Тарасова. — М.: Наука, 1988. — 264 с.</i>
10.	<i>Панков Ж. Оптические процессы в полупроводниках / Ж. Панков. — М. : Мир, 1973. — 456 с.</i>
11.	<i>Физические методы анализа следов элементов./ Под ред. Г. Моррисона. — М.: Мир, 1967. — 416 с.</i>
12.	<i>Беля Р.Дж. Введение в фурье-спектроскопию / Р.Дж. Беля. — М. : Мир, 1975. — 160 с.</i>
13.	<i>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.</i>
14.	<i>Спектральный анализ чистых веществ./ Под ред. Х.И. Зильберштейна. - Л.: Химия, 1971. - 416 с.</i>
15.	<i>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.</i>
16.	<i>Ахманов С.А. Методы нелинейной оптики в спектроскопии рассеянного света / С.А. Ахманов, Н.И. Коротеев. — М.: Наука, 1981. — 543 с.</i>
17.	<i>Поверхностные поляритоны / Под ред. В.М. Аграновича, Д.Л. Миллса. — М. : Наука, 1985. — С. 6–10.</i>

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
1	Поисковая система e-library.ru
2	Поисковая система google.ru
3	Архив научных журналов <a href="http://arch.neicon.ru/">http://arch.neicon.ru/</a>
4	Единое окно доступа к образовательным ресурсам. Библиотека <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
5	Электронный каталог ЗНБ ВГУ <a href="https://www.lib.vsu.ru/">https://www.lib.vsu.ru/</a>
6	ЭБС "Издательства "Лань" <a href="https://e.lanbook.com">https://e.lanbook.com</a>
7	ЭБС "Университетская библиотека online" <a href="https://biblioclub.lib.vsu.ru">https://biblioclub.lib.vsu.ru</a>
8	Национальный цифровой ресурс "РУКОНТ" <a href="https://rucont.ru">https://rucont.ru</a>
9	Электронная библиотека Попечительского совета механико-математического факультета МГУ
10	Виртуальная обучающая среда Moodle < <a href="https://edu.vsu.ru">https://edu.vsu.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.	<i>Люминесцентные методы исследования оптических свойств примесных центров кристаллов: фотостимулированная вспышка люминесценции [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие для вузов : [для студ. магистратуры первого года обучения направления 010700-Физика] / Воронеж. гос. ун-т ; сост. : О.В. Овчинников, М.С. Смирнов,</i>

	<p>А.Н. Латышев .— Электрон. текстовые дан. — Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2011 .— Загл. с титул. экрана .— Электрон. версия печ. публикации .— Свободный доступ из интрасети ВГУ .— Текстовый файл .— Windows 2000; Adobe Acrobat Reader.</p> <p>Издание на др. носителе: Люминесцентные методы исследования оптических свойств примесных центров кристаллов: фотостимулированная вспышка люминесценции : учебно-методическое пособие для вузов : [для студ. магистратуры первого года обучения направления 010700-Физика] / Воронеж. гос. ун-т ; сост. : О.В. Овчинников, М.С. Смирнов, А.Н. Латышев .— Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2011 .— 65 с. : ил., табл. &lt;<a href="http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m11-165.pdf">URL:http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m11-165.pdf</a>&gt;.</p>
2.	<p>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 .— Загл. с титул. экрана .— Свободный доступ из интрасети ВГУ .— Текстовый файл .— Windows 2000; Adobe Acrobat Reader .— &lt;<a href="http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m10-145.pdf">URL:http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m10-145.pdf</a>&gt;.</p>

## 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.).

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.

1.	Пакет офисных программ LibreOffice ( <a href="https://ru.libreoffice.org/">https://ru.libreoffice.org/</a> )
2.	Программное обеспечение ПЗС-линейки CCD Tool
3.	Программное обеспечение спектрометра USB-2000+ SpectraSuite
4.	система компьютерной алгебры Maxima ( <a href="http://maxima.sourceforge.net/ru/index.html">http://maxima.sourceforge.net/ru/index.html</a> )
5.	средство построения графиков Gnuplot ( <a href="http://www.gnuplot.info/">http://www.gnuplot.info/</a> ); система
6.	компьютерной верстки LaTeX ( <a href="https://www.latex-project.org/">https://www.latex-project.org/</a> )

## 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Учебные и учебно-научные лаборатории кафедры оптики и спектроскопии для проведения лабораторных занятий: 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; прецизионный, полностью автоматический спектрофлуориметр на базе

монокроматора МДР–23 и ФЭУР955Р (Hamamatsu), работающим в режиме счета фотонов; учебный волоконно-оптический спектрально-люминесцентный комплекс (Oceanoptics); ИК-Фурье спектрометр Tensor37 (BrukerOptics);

Аудитория для самостоятельной работы, компьютерный класс с доступом к сети «Интернет»: компьютеры (мониторы, системные блоки) (15 шт.)

## 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)
<p>ПК-3.4. Знает возможности процессов выращивания гетероструктур, методы формирования активного элемента, особенности режимов нанесения диэлектрических отражающих и просветляющих покрытий</p> <p>ПК-6.4. Согласовывает технические требования к параметрам разрабатываемых изделий, сроки выполнения этапов разработки, перечня и объема документации</p>	<p><i>Знать: оптические методы исследования вещества, основанные на использовании фундаментальных явлений волновой (интерференции, поляризации, дифракции и дисперсии света) и квантовой (тепловое излучение, фотоэлектрический эффект, фотохимические процессы, физика лазеров и др.) оптики; основы теории и применения поверхностных электромагнитных волн; принципы действия ближнепольных микроскопов.</i></p> <p><i>Уметь: применять основные методы спектрофотометрического анализа, методы атомной спектроскопии при решении различных аналитических задач, использовать для анализа оптических свойств вещества светосильные спектральные приборы.</i></p> <p><i>Владеть: знаниями о применении оптических методов исследования вещества при решении различных научных и прикладных задач.</i></p>	<p>Этапы 1-8 Введение. Оптические методы анализа следов элементов.</p> <p>Методы дифференциальной спектрофотометрии</p> <p>Фурье-спектроскопия.</p> <p>Поверхностные электромагнитные волны.</p> <p>Спектроскопия когерентного антистоксова рассеяния света.</p> <p>Ближнепольная микроскопия.</p> <p>Принципы построения современных спектральных приборов. Особенности конструктивных элементов и сравнительный анализ возможностей спектральных приборов различных типов.</p>	<p>Устный опрос Отчет о выполнении лабораторной работы</p>
<b>Промежуточная аттестация (зачет с оценкой)</b>			<b>КИМ</b>

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

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

- 1) знание учебного материала, владение понятийным аппаратом и теоретическими основами дисциплины;
- 2) умение описывать основные оптические методы исследования вещества;

### Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
<i>Полный ответ на КИМ зачетного занятия. Правильные ответы на дополнительные вопросы.</i>	<i>Повышенный уровень</i>	<i>отлично</i>
<i>Полный ответ на КИМ зачетного занятия. Неполные, неправильные ответы на ряд дополнительных вопросов.</i>	<i>базовый уровень</i>	<i>хорошо</i>
<i>Неполный ответ на КИМ зачетного занятия. Неполные, неправильные ответы на ряд дополнительных вопросов.</i>	<i>Пороговый уровень</i>	<i>удовлетворительно</i>
<i>Неправильный ответ на КИМ зачетного занятия. Отсутствие ответов на большинство дополнительных вопросов.</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:

1. Обзор основных явлений, возникающих при взаимодействии электромагнитного излучения с веществом. Классификация методов спектрального анализа.
2. Определение поверхностных электромагнитных волн. Обзор методов их возбуждения.
3. Рассеяние света. Элементарное описание спектроскопии когерентного антистоксова рассеяния света.
4. Некоторые применения спектроскопии когерентного антистоксова рассеяния света.
5. Общая классификация методов атомного спектрального анализа.
6. Атомно-абсорбционная спектроскопия.
7. Оптическая атомно-эмиссионная спектрометрия с индуктивно связанной плазмой.
8. Общие аспекты определения следов элементов. Обзор спектральных методов определения следов элементов в веществе.
9. Метод непосредственной фотометрии
10. Обзор методов двухлучевой спектрофотометрии.
11. Дифракционный предел.
12. Основные источники ошибок спектрофотометрическом анализе. Идеальная система.
13. Формула ошибок в случае метода непосредственной фотометрии.
14. Формулы ошибок в дифференциальной спектрофотометрии
15. Оптическая микроскопия.
16. Ближнепольная микроскопия.
17. Физические основы фурье-спектроскопии.

18. Разрешающая способность ближнепольных микроскопов.
19. Принцип работы Фурье-спектрометра.
20. Применения ближнепольной оптики.
21. Разрешающая способность фурье-спектрометров.
22. Преимущества фурье-спектроскопии. Использование фурье-спектроскопии.
23. Применение поверхностных электромагнитных волн.

#### **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: устного опроса (индивидуальный опрос, фронтальная беседа); оценки результатов практической деятельности (выполнение лабораторных работ). 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 вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний.

При оценивании используется качественная шкала оценок. Критерии оценивания приведены выше.

Составители:

Леонова Лиана Юрьевна,  
кандидат физико-математических наук, доцент



Программа рекомендована \_\_\_\_\_ НМС \_\_\_\_\_ физического факультета  
(наименование факультета, структурного подразделения)

протокол от 23.06.2022 № 6