

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 области физических основ лазерной спектроскопии, нелинейных оптических процессов, возникающих при взаимодействии мощных когерентных потоков электромагнитного излучения с веществом.

Задачи учебной дисциплины:

- рассмотреть основы спектроскопии поглощения, изучить уширение спектральных линий;
- освоить методы спектроскопии насыщения, многофотонной спектроскопии, спектроскопии в коллимированных пучках, спектроскопии с временным разрешением, лазерной спектроскопии комбинационного рассеяния, когерентной спектроскопии.
- изучить основные применения лазерной спектроскопии.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: часть, формируемая участниками образовательных отношений, дисциплины по выбору (Б1.В.ДВ.5), блок Б1.

11. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины:

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-1	Способен анализировать существующие технические решения для реализации параметров разрабатываемых лазерных устройств	ПК-1.1	Демонстрирует глубокие современные знания в области технологий приборов квантовой электроники и фотоники на основе наногетероструктур	Знать: теоретические основы современной лазерной спектроскопии, включая квантовую теорию поглощения, испускания и рассеяния света, основы лазерной физики и свойства лазерного излучения; основные методы экспериментальной регистрации спектров, конструктивные особенности приборов лазерной спектроскопии; области применения лазерной спектроскопии в физике, химии, биологии, медицине и материаловедении. Уметь: объяснять физические явления и процессы, лежащие в основе методов лазерной спектроскопии, оценивать возможности различных методов лазерной спектроскопии применительно к конкретным практическим задачам; пользоваться теоретическим аппаратом лазерной спектроскопии для оценки параметров экспериментальных установок и
		ПК-1.2	Способен критически оценивать и интерпретировать новейшие достижения теории и практики физических исследований для решения задач в области лазерных технологий	
		ПК-1.3	Умеет осуществлять поиск лазеров с близкими характеристиками в	

			<p>литературе и в других современных источниках информации согласно составленному плану, определять по результатам анализа литературных данных и других источников информации конструкции и технологии изготовления разрабатываемых лазерных устройств</p>	<p>регистрируемых спектров; проводить спектральные измерения на доступном в лаборатории спектральном оборудовании.</p> <p>Владеть: практическими навыками проведения спектроскопических измерений и обработки их результатов.</p>
ПК-3	Способен оценивать параметры излучающих элементов приборов квантовой электроники и фотоники	<p>ПК-3.1</p> <p>ПК-3.2</p> <p>ПК-3.3</p>	<p>Ставит задачи и формулирует исходные данные для проведения моделирования и расчета характеристик излучения разрабатываемых лазерных устройств</p> <p>Выявляет зависимости между параметрами излучения разрабатываемого полупроводникового лазера и особенностями конструкции лазерной гетероструктуры и оптического резонатора</p> <p>Владеет знаниями оптических характеристик полупроводниковых материалов, распространения света в диэлектрических волноводах для расчета волноводных лазерных структур</p>	

		ПК-3.4	Знает возможности процессов выращивания гетероструктур, методы формирования активного элемента, особенности режимов нанесения диэлектрических отражающих и просветляющих покрытий	
--	--	--------	---	--

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час.(в соответствии с учебным планом) — 3 / 108.

Форма промежуточной аттестации экзамен.

13. Виды учебной работы:

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам
			№ 8
Аудиторные занятия		36	36
в том числе:	лекции	12	12
	практические		
	лабораторные	24	24
Самостоятельная работа		36	36
в том числе: курсовая работа (проект)			
Форма промежуточной аттестации <i>экзамен</i>		36	36
Итого:		108	108

13.1. Содержание разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
-------	---------------------------------	-------------------------------

01	Введение в лазерную спектроскопию.	Введение. Цели и задачи лазерной спектроскопии. Преимущества лазерной спектроскопии
02	Спектроскопия поглощения.	Взаимодействие света с веществом. Характеристики оптического излучения. Основы теории атомных и молекулярных спектров.
03	Уширение спектральных линий.	Контур спектральной линии. Ширина спектральной линии. Доплеровское уширение спектральных линий.
04	Спектроскопия насыщения.	Спектроскопия насыщения. Эффекты насыщения. Перекрестные резонансы. Нелинейные резонансы в спектроскопии. Ширина нелинейных резонансов. Экспериментальные исследования резонансов в пролетной области. Лазерные спектрометры для спектроскопии сверхвысокого разрешения.
05	Многофотонная спектроскопия.	Многофотонная спектроскопия. Профили линии двухфотонных переходов. Бездоплеровское многофотонное поглощение. Многофотонная ионизационная спектроскопия.
06	Спектроскопия в коллимированных пучках.	Лазерная спектроскопия в молекулярных пучках. Уменьшение доплеровской ширины. Адиабатическое охлаждение в сверхзвуковых пучках. Лазерная спектроскопия в быстрых ионных пучках. Лазерная спектроскопия в молекулярных пучках и масс-спектроскопия.
07	Спектроскопия с временным разрешением.	Генерация сверхкоротких лазерных импульсов. Измерение времен жизни с использованием лазеров. Пикосекундная, фемтосекундная, аттосекундная спектроскопия.
08	Лазерная спектроскопия комбинационного рассеяния.	Вынужденное комбинационное рассеяние. Спектроскопия когерентного антистоксова комбинационного рассеяния света (КАРС). Гиперкомбинационное рассеяние. Экспериментальные методы и приложения лазерной спектроскопии комбинационного рассеяния.
09	Когерентная спектроскопия.	Спектроскопия пересечения уровней. Спектроскопия квантовых биений. Возбуждение и детектирование волновых пакетов в атомах и молекулах. Фотонное эхо.
10	Применения лазерной спектроскопии.	Новые достижения в лазерной спектроскопии. Спектроскопия одиночных ионов. Мазер на одном атоме. Оптические стандарты. Спектроскопия ридберговских состояний. Дипольная блокада. Квантовая информатика. Приложения лазерной спектроскопии. Наблюдение эффектов теории относительности. Наблюдение эффектов гравитации и космологии. Лазерная фотохимия.

13.2 Разделы дисциплины и виды занятий:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)					Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная	Контроль	
01	Введение в лазерную спектроскопию.	1		2	3	3	9
02	Спектроскопия поглощения.	1		2	4	3	10
03	Уширение спектральных линий.	1		2	4	3	10
04	Спектроскопия насыщения.	1		2	3	3	9

05	Многофотонная спектроскопия.	1		2	5	4	12
06	Спектроскопия в коллимированных пучках.	1		2	3	4	10
07	Спектроскопия с временным разрешением.	1		2	3	4	10
08	Лазерная спектроскопия комбинационного рассеяния.	2		4	5	4	15
09	Когерентная спектроскопия.	2		4	3	4	13
10	Применения лазерной спектроскопии.	1		2	3	4	10
	Итого	12		24	36	36	108

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	Бакланов, Е.В. Основы лазерной физики : учебник : [16+] / Е.В. Бакланов ; Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2017. – 131 с. : ил., табл. – (Учебники НГТУ). – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=575307 . – Библиогр.: с. 120. – ISBN 978-5-7782-3368-3. – Текст : электронный.
2	Ходгсон Н. Лазерные резонаторы и распространение пучков / Н. Ходгсон, Х. Вебер. - М: ДМК Пресс, 2017.–744 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
3	Демтрёдер, В. Современная лазерная спектроскопия : [учебное пособие] / В. Демтрёдер ; пер. с англ. М.В. Рябиной, Л.А. Мельникова, В.Л. Дербова ; под ред. Л.А. Мельникова .— Долгопрудный : Издательский дом Интеллект, 2014 .— 1071 с
4	Салех Б., Тейх М. Оптика и фотоника. Принципы и применения: Учебное пособие в 2 т., Т.1:Долгопрудный, ООО Издательский дом "Интеллект", 2012 г. - 760 с.
5	Салех Б., Тейх М. Оптика и фотоника. Принципы и применения: Учебное пособие в 2 т., Т.2:Долгопрудный, ООО Издательский дом "Интеллект", 2012 г. - 764 с.
6	Физика лазеров / О. Звелто. Пер. под науч. Ред. Т.А. Шмаонова, изд-во "Лань", 2008, 720 с.
7	Перестраиваемые лазеры / С. П. Анохов, Т. Я. Марусий, М. С.Соскин. - М.: Радио и связь,1982. - 359 с

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	ЭБС "Издательства "Лань" https://e.lanbook.com
7	ЭБС "Университетская библиотека online" https://biblioclub.lib.vsu.ru
8	Национальный цифровой ресурс "РУКОНТ" https://rucont.ru
9	Электронная библиотека Попечительского совета механико-математического факультета МГУ
10	Виртуальная обучающая среда Moodle < https://edu.vsu.ru >

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

№ п/п	Ресурс
1	Спектральные методы анализа : учебно-методическое пособие / В.И. Васильева [и др.] .— Воронеж : Науч. кн., 2011 .— 212 с. : ил., табл. — Библиогр.: с. 210-212. https://lib.vsu.ru/zgate?present+5621+default+3+1+F+1.2.840.10003.5.102+rus
2	Лазеры в науке, технике, медицине// Сборник научных трудов. - Москва 2019, < http://www.mntores.inlife.ru/Lasers2019.pdf >
3	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. 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 «MOOC ВГУ» (<https://mooc.vsu.ru>), сервисы видеоконференций (BigBlueButton, Zoom, Discord и др.), электронная почта, мессенджеры и соцсети.

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

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Учебная лаборатория кафедры оптики и спектроскопии для проведения лабораторных занятий:

лазер ЛГИ-21; Лазер с гауссовым резонатором LS-2132UTF; лазерный модуль/блок питания поворотного крепления/лазерный модуль LM-650180(блок питания); полупроводниковый лазер с внешним резонатором с возможностью непрерывной перестройки частоты; диодный лазер ДВ-660; фотодетектор PDA20C/M; блок питания LDS1212-EC; LG4 очки защитные; 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.

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)
ПК-1.1. Демонстрирует глубокие современные знания в области технологий приборов квантовой электроники и фотоники на основе наногетероструктур ПК-1.2. Способен критически оценивать	Знать: теоретические основы современной лазерной спектроскопии, включая квантовую теорию поглощения, испускания и рассеяния света, основы лазерной физики и свойства лазерного излучения; основные методы экспериментальной регистрации спектров, конструктивные особенности приборов лазерной спектроскопии; области применения лазерной спектроскопии в физике,	Этапы 1-10 Введение в лазерную спектроскопию. Спектроскопия поглощения. Уширение спектральных линий. Спектроскопия насыщения. Многофотонная	Устный опрос Отчет о выполнении лабораторной работы

<p>и интерпретировать новейшие достижения теории и практики физических исследований для решения задач в области лазерных технологий</p> <p>ПК-1.3. Умеет осуществлять поиск лазеров с близкими характеристиками в литературе и в других современных источниках информации согласно составленному плану, определять по результатам анализа литературных данных и других источников информации конструкции и технологии изготовления разрабатываемых лазерных устройств</p>	<p>химии, биологии, медицине и материаловедении.</p> <p>Уметь: объяснять физические явления и процессы, лежащие в основе методов лазерной спектроскопии, оценивать возможности различных методов лазерной спектроскопии применительно к конкретным практическим задачам; пользоваться теоретическим аппаратом лазерной спектроскопии для оценки параметров экспериментальных установок и регистрируемых спектров; проводить спектральные измерения на доступном в лаборатории спектральном оборудовании.</p> <p>Владеть: практическими навыками проведения спектроскопических измерений и обработки их результатов.</p>	<p><i>спектроскопия.</i></p> <p><i>Спектроскопия коллимированных лучах.</i></p> <p><i>Спектроскопия временным разрешением.</i></p> <p><i>Лазерная спектроскопия комбинационного рассеяния.</i></p> <p><i>Когерентная спектроскопия.</i></p> <p><i>Применения лазерной спектроскопии.</i></p>	
<p>ПК-3.1. Ставит задачи и формулирует исходные данные для проведения моделирования и расчета характеристик излучения разрабатываемых лазерных устройств</p>			
<p>ПК-3.2. Выявляет зависимости между параметрами излучения разрабатываемого полупроводникового лазера и особенностями конструкции лазерной гетероструктуры и оптического резонатора</p>			
<p>ПК-3.3. Владеет знаниями оптических характеристик полупроводниковых</p>			

материалов, распространения света в диэлектрических волноводах для расчета волноводных лазерных структур ПК-3.4. Знает возможности процессов выращивания гетероструктур, методы формирования активного элемента, особенности режимов нанесения диэлектрических отражающих и просветляющих покрытий			
Промежуточная аттестация (экзамен)			КИМ

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

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

- 1) знание учебного материала, владение понятийным аппаратом и теоретическими основами дисциплины;
- 2) умение связывать теорию с практикой.

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
<i>Посещение всех практических занятий. Полный ответ на КИМ. Правильные ответы на дополнительные вопросы. Выполнение всех рефератов и самостоятельных индивидуальных заданий.</i>	<i>повышенный уровень</i>	<i>отлично</i>
<i>Пропуски занятий. Полный ответ на КИМ. Неполные, неправильные ответы на ряд дополнительных вопросов. Выполнение всех рефератов и самостоятельных заданий.</i>	<i>базовый уровень</i>	<i>хорошо</i>
<i>Пропуски занятий. Неполный ответ на КИМ. Неполные, неправильные ответы на ряд дополнительных вопросов. Выполнение всех рефератов и самостоятельных заданий.</i>	<i>пороговый уровень</i>	<i>удовлетворительно</i>

<p>Пропуски большинства практических занятий. Неправильный ответ на КИМ. Отсутствие ответов на большинство дополнительных вопросов. Выполнение не всех рефератов и самостоятельных заданий</p>	<p>–</p>	<p>неудовлетворительно</p>
--	----------	----------------------------

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

18.3.1 Перечень вопросов к зачету:

1. Взаимодействие света с веществом. Характеристики оптического излучения.
2. Основы теории атомных и молекулярных спектров.
3. Контур спектральной линии. Ширина спектральной линии.
4. Доплеровское уширение спектральных линий.
5. Спектроскопия насыщения. Эффекты насыщения.
6. Перекрестные резонансы. Нелинейные резонансы в спектроскопии. Ширина нелинейных резонансов.
7. Экспериментальные исследования резонансов в пролетной области.
8. Лазерные спектрометры для спектроскопии сверхвысокого разрешения.
9. Многофотонная спектроскопия. Профили линии двухфотонных переходов.
10. Бездоплеровское многофотонное поглощение.
11. Многофотонная ионизационная спектроскопия.
12. Лазерная спектроскопия в молекулярных пучках. Уменьшение доплеровской ширины.
13. Адиабатическое охлаждение в сверхзвуковых пучках.
14. Лазерная спектроскопия в быстрых ионных пучках.
15. Лазерная спектроскопия в молекулярных пучках и масс-спектроскопия.
16. Генерация сверхкоротких лазерных импульсов.
17. Измерение времен жизни с использованием лазеров.
18. Пикосекундная, фемтосекундная, аттосекундная спектроскопия.
19. Вынужденное комбинационное рассеяние.
20. Спектроскопия когерентного антистоксова комбинационного рассеяния света (КАРС).
21. Гиперкомбинационное рассеяние.
22. Экспериментальные методы и приложения лазерной спектроскопии комбинационного рассеяния.
23. Спектроскопия пересечения уровней.
24. Спектроскопия квантовых биений.
25. Возбуждение и детектирование волновых пакетов в атомах и молекулах.
26. Фотонное эхо. Оптические нутации.

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 практических заданий). 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.

Составитель:

Овчинников Олег Владимирович,
доктор физико-математических наук, профессор



Максимычев Александр Витальевич,
доктор физико-математических наук, профессор,
заведующий кафедрой общей физики МФТИ



Белоусов Юрий Михайлович,
доктор физико-математических наук, профессор,
заведующий кафедрой теоретической физики МФТИ



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

протокол от 23.06.2022 № 6