


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

  
подпись

Овчинников О.В.

14.06.2024г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1.В.ДВ.04.01 Системы лазерного зондирования

1. Код и наименование направления подготовки: 12.04.03 Фотоника и оптоинформатика
2. Профиль подготовки: Материалы и устройства фотоники и оптоинформатики
3. Квалификация выпускника: магистр
4. Форма обучения: очная
5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: кафедра оптики и спектроскопии
6. Составители программы: Татьянина Е. П., к. ф.-м. н., 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:**

- изучить принципы лазерного зондирования;
- рассмотреть системы лазерного зондирования.

**Задачи учебной дисциплины:**

- изучить особенности распространения лазерного излучения в средах и воздействия излучения на материалы;
- рассмотреть нелинейные эффекты в лазерной оптике;
- ознакомиться с различными лидарными комплексами и их практическим применением.

**10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:** дисциплина Б1.В.ДВ.04.01 Системы лазерного зондирования относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1, дисциплины по выбору.

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

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК –3	Способен выбирать научно-исследовательское и технологическое оборудование с учетом особенностей нанотехнологических процессов создания материалов и устройств фотоники	ПК – 3.1	Проводит научные исследования в области фотоники, используя специализированное исследовательское оборудование, приборы и установки	<b>Знать:</b> фундаментальные основы лазерной физики, физики твердого тела, оптики и квантовой электроники <b>Уметь:</b> выбирать из номенклатуры используемых лазеров, лазеры с требуемыми характеристиками <b>Владеть:</b> принципами управления лазеров различных типов в зависимости от их технических характеристик
		ПК – 3.2	Решая различные профессиональные задачи, применяет знания физических принципов работы приборов квантовой электроники и фотоники, базовых технологических процессов создания наноматериалов и устройств фотоники	

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час:** 3 / 108

**Форма промежуточной аттестации:** зачет

### 13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам
			1
Аудиторные занятия		30	30
в том числе:	лекции	30	30
	практические		
	лабораторные		
Самостоятельная работа		78	78
Форма промежуточной аттестации: <i>зачет</i>			
Итого:		108	108

#### 13.1. Содержание разделов дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
<b>1. Лекции</b>		
1.	Принципы лазерного зондирования	Методы дистанционного лазерного зондирования. Схемы лидары. Лидарное уравнение. Решение лидарного уравнения.
2.	Воздействие лазерного излучения на материалы	Нагрев и испарение. Лазерная абляция. Фотоядерные процессы. Фотоядерные процессы. Нелинейные эффекты в лазерной оптике Самофокусировка. Термолинзирование в лазерных кристаллах и стеклах. Эффект Керра. Филаментация лазерного излучения Генерация второй оптической гармоники. Вынужденное комбинационное рассеяние. Обращение волнового фронта.
3.	Распространение лазерного излучения в атмосфере	Молекулярное поглощение и рассеяние. Ослабление на аэрозоле. Атмосферная турбулентность. Численные оценки влияния атмосферы (газового состава, аэрозолей, осадков, турбулентности) Тепловое самовоздействие лазерного излучения в атмосфере. Атмосферные лазерные системы связи.
4.	Распространение лазерного излучения в воде	Поглощение и рассеяние излучения в воде. Помеха обратного рассеяния. Лазерные системы связи в воде Метод стробирования по дальности.
5.	Распространение лазерного излучения в тканях живых организмов	Виды взаимодействия лазерного излучения с биотканью. Действие лазерного излучения на биоткань. Биофизические механизмы взаимодействия лазерного излучения с биотканью.
6.	Лидарные комплексы	Когерентные доплеровские лидары. Доплеровские лидары с прямым детектированием. Лидары комбинационного рассеяния.

#### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1.	Принципы лазерного зондирования	4			10	14
2.	Распространение лазерного излучения в атмосфере	6			16	22
3.	Распространение лазерного излучения в воде	6			16	22
4.	Нелинейные эффекты в лазерной оптике	6			16	22
5.	Воздействие лазерного излучения на материалы	4			10	14
6.	Лидарные комплексы	4			10	14
	Итого:	30			78	108

## 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 (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1.	Борейшо А. С. Лазеры: устройство и действие : учебное пособие для вузов / А. С. Борейшо, С. В. Ивакин. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 304 с. : ил. : вклейка (8 с.). <a href="https://lanbook.com/catalog/inzhenerno-tehnicheskie-nauki/lazery-ustrojstvo-i-dejstvie-72932537/">https://lanbook.com/catalog/inzhenerno-tehnicheskie-nauki/lazery-ustrojstvo-i-dejstvie-72932537/</a>
2.	Борейшо А. С. Лидарные комплексы для исследования атмосферы : учебное пособие для вузов / А. С. Борейшо, М. А. Коняев, А. А. Ким. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 244 с. : вклейка (8 с.). <a href="https://lanbook.com/catalog/inzhenerno-tehnicheskie-nauki/lidarnye-kompleksy-dlya-issledovaniya-atmosfery/">https://lanbook.com/catalog/inzhenerno-tehnicheskie-nauki/lidarnye-kompleksy-dlya-issledovaniya-atmosfery/</a>

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
3.	Байбородин Ю. В. Основы лазерной техники. Второе издание, переработанное и дополненное. — К.: Высш шк. Головное изд-во, 1988.— 383 с. ISBN 5—11—000011—5.
4.	Агишев, Равиль Рустемович Лазерное зондирование окружающей среды: методы и средства / Р.Р. Агишев Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2019 261 с. : ил., цв. ил., табл. (Фундаментальная и прикладная физика) ISBN 978-5-9221-1821-7
5.	Зуев, Владимир Владимирович. Лидарный контроль стратосферы / В.В. Зуев ; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т оптики атмосферыНовосибирск : Наука, 2004306 с. : ил., табл.Библиогр. в конце ч.ISBN 5-02-032419-1
6.	Привалов, В. Е.Лазеры и экологический мониторинг атмосферы [Электронный ресурс] / Привалов В. Е.,Фотиади А. Э.,Шеманин В. Г.Санкт-Петербург : Лань, 2022288 с.Рекомендовано УМО по университетскому политехническому образованию в качестве учебного пособия для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки магистров «Техническая физика»Книга из коллекции Лань - Физика <a href="https://e.lanbook.com/book/211202">https://e.lanbook.com/book/211202</a> ISBN 978-5-8114-1370-6
7.	Тучин, Валерий ВикторовичОптика биологических тканей. Методы рассеяния света в медицинской диагностике = Tissue optics. Light scattering methods and instruments for medical diagnosis / В.В. Тучин ; пер. с англ. В.Л. Дербова под ред. В.В. ТучинаМосква : ФИЗМАТЛИТ, 2012811 с., [6] л. цв. ил. : ил., табл.Библиогр.: с. 691-795Предм. указ.: с. 796-811ISBN 978-5-9221-1422-6

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)\*:

№ п/п	Ресурс
6.	ЭБС Лань – <a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>

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

№ п/п	Источник
1.	<i>Физические основы квантовой и оптической электроники: методические указания к практическим занятиям и по самостоятельной работе для студентов направления «Фотоника и оптоинформатика» / С.М. Шандаров; Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра электронных приборов. - Томск : ТУСУР, 2012. – 47 с. <a href="https://edu.study.tusur.ru/publications/3483">https://edu.study.tusur.ru/publications/3483</a></i>

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

При реализации дисциплины «лазеры в фотонике и оптоинформатике» используются традиционные и дистанционные образовательные технологии.

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>), сервисы видеоконференций (BigBlueButton), электронная почта, мессенджеры и соцсети.

## 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Специализированная мебель, проектор, ноутбук, экран. WinPro 8, OfficeStandard 2019, «Антиплагиат.ВУЗ», 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.	Принципы лазерного зондирования	ПК –3	ПК-3.1 ПК-3.2	<i>Вопросы</i>
2.	Распространение лазерного излучения в атмосфере	ПК –3	ПК-3.1 ПК-3.2	<i>Вопросы</i>
3.	Распространение лазерного излучения в воде	ПК –3	ПК-3.1 ПК-3.2	<i>Вопросы</i>
4.	Нелинейные эффекты в лазерной оптике	ПК-3	ПК-3.1 ПК-3.2	<i>Вопросы</i>
5.	Воздействие лазерного излучения на материалы	ПК-3	ПК-3.1 ПК-3.2	<i>Вопросы</i>
6.	Лидарные комплексы	ПК –3	ПК-3.1 ПК-3.2	<i>Вопросы</i>
Промежуточная аттестация форма контроля – <i>зачет</i>				<i>Вопросы</i>

## **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:

1. В чем заключается основное влияние атмосферы на распространение лазерного излучения?
2. На каких объектах происходит молекулярное рассеяние в атмосфере?
3. Чем определяется расходимость лазерного луча при распространении излучения в реальной атмосфере?
4. Назовите основные физические процессы, обуславливающие ослабление излучения частицами аэрозоля?
5. Какова картина распространения интенсивности излучения в дальней зоне?
6. Чему равен коэффициент экстинкции?
7. От чего зависит плотность мощности излучения на мишени?
8. Что наиболее сильно ослабляет энергию излучения по трассе прохождения для ближней ИК-области спектра?
9. На что влияет тепловое самовоздействие лазерного излучения при прохождении лазерного луча в атмосфере?
10. Как учитывается расходимость, обусловленная турбулентностью?
11. Как вычисляется дифракция для круговой и кольцевой апертуры?
12. Как определяется полный угол расходимости?
13. Как определяется диаметр фокального пятна по уровню 50% энергии?
14. Чем определяется ослабление света при прохождении через воду?
15. Как классифицируется вода по типам и группам в зависимости от оптических свойств?
16. Назовите методы количественной оценки прозрачности воды.
17. Что такое помеха обратного рассеивания?
18. Объясните основные принципы метода стробирования по дальности как средства подавления помехи обратного рассеивания.
19. Какие условия приводят к возникновению нелинейных оптических эффектов при прохождении света через вещество?
20. В чем заключаются особенности теплового самовоздействия лазерного излучения в активных средах?
21. Что такое эффект тепловой линзы в лазерном кристалле?
22. Какая оптическая характеристика изменяется при высокой интенсивности излучения с эффектом Керра?
23. Что является причиной самофокусировки излучения лазера?
24. Какие физические процессы происходят при филаментации лазерного излучения?
25. Что приводит к сверхширению лазерного спектра?
26. В чем особенности суперконтинуума применительно к спектру лазерного излучения?
27. Чем объясняется появление высших гармоник при прохождении лазерного излучения через нелинейные среды?
28. Что такое комбинационное рассеяние света?
29. В чем отличие стоксова и антистоксова рассеяния?
30. Какие физические явления вызывают возникновение эффекта обращения волнового фронта?

#### **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. Методы дистанционного лазерного зондирования.
2. Схемы лидары.
3. Лидарное уравнение. Решение лидарного уравнения.
4. Нагрев и испарение. Лазерная абляция.
5. Фотоядерные процессы.
6. Нелинейные эффекты в лазерной оптике Самофокусировка.
7. Термолинзирование в лазерных кристаллах и стеклах.
8. Эффект Керра.
9. Филаментация лазерного излучения
10. Генерация второй оптической гармоники.
11. Вынужденное комбинационное рассеяние.
12. Обращение волнового фронта.
13. Молекулярное поглощение и рассеяние.
14. Ослабление на аэрозоле.
15. Атмосферная турбулентность.
16. Численные оценки влияния атмосферы (газового состава, аэрозолей, осадков, турбулентности).
17. Тепловое самовоздействие лазерного излучения в атмосфере.
18. Атмосферные лазерные системы связи.
19. Поглощение и рассеяние излучения в воде.
20. Помеха обратного рассеяния.
21. Лазерные системы связи в воде.
22. Метод стробирования по дальности.
23. Виды взаимодействия лазерного излучения с биотканью.
24. Действие лазерного излучения на биоткань.
25. Биофизические механизмы взаимодействия лазерного излучения с биотканью.
26. Когерентные доплеровские лидары.
27. Доплеровские лидары с прямым детектированием.
28. Лидары комбинационного рассеяния.

### **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