

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»
(Новосибирский государственный университет, НГУ)

**Физический факультет
Кафедра квантовой оптики**



Согласовано, декан ФФ

Блинов В.Е.

2025 г.

**Рабочая программа дисциплины
ОПТОВОЛОКОННАЯ СЕНСОРИКА 2**

направление подготовки: **03.04.02 Физика**
направленность (профиль): **Общая и фундаментальная физика**

Форма обучения
Очная

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Итоговая аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к итоговой аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			Консультации	Зачет	Дифференциро- ванный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	72	32			18	18	2			2
Всего 72 часа / 2 зачётные единицы, из них: - контактная работа 36 часов										
Компетенции ПК-1										

Руководитель программы
к.ф.-м.н.

И.Б. Логашенко

Новосибирск, 2025

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.	3
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	3
3. Трудоемкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу.	3
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий.	4
5. Перечень учебной литературы.	5
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.	5
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.	6
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.....	6
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.	6
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и итоговой аттестации по дисциплине.	6
Аннотация.....	11

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

Цель курса – ознакомление студентов с 1) принципами работы распределенных волоконно-оптических датчиков; 2) основными методами метрологии, применяющимися к анализу оптоволоконных датчиков; 3) методами детектирования и методами обработки сигналов, реализующихся при работе с оптоволоконными датчиками; 4) основными оптоволоконными компонентами и их принципом работы.

Дисциплина нацелена на формирование у обучающегося профессиональной компетенции:

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1 Способен использовать специализированные знания в области физики при решении поставленных задач в научно-исследовательской деятельности в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.	ПК 1.1 Применяет специализированные знания в области физики при решении конкретных задач в области научных исследований в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования. ПК 1.2 Выбирает наиболее эффективные методы решения конкретных задач в области научных исследований в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.	Знать основные принципы работы оптоволоконных компонентов и тренды развития оптоволоконной сенсорики. Уметь объяснить принципы работы распределенных волоконно-оптических датчиков. Владеть основными методами метрологии в области оптоволоконной сенсорики и методами обработки оптоэлектронных сигналов.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Оптоволоконная сенсорика 2» реализуется в весеннем семестре 1-го курса для магистрантов, обучающихся по направлению подготовки **03.04.02 Физика**. Курс является одной из профессиональных дисциплин по выбору, реализуемых магистерской программой Космическое и специальное приборостроение. Для его восприятия требуется предварительная подготовка студентов по таким физическим дисциплинам как основы квантовой механики, физическая оптика, а также по математике (основы математического анализа и линейной алгебры).

Курс предназначен для магистрантов, область будущей профессиональной деятельности которых включает:

- метрологию и инженерную деятельность с использованием волоконных сенсоров;
- исследования процессов взаимодействия оптического излучения с веществом;
- научные и технологические разработки в области волоконных лазерных систем.

3. Трудоемкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу.

Трудоемкость дисциплины – 2 з.е. (72 ч)

Форма промежуточной аттестации: 2 семестр – экзамен

Таблица 3.1

№	Вид деятельности	Семестр
		2
1	Лекции, ч	32
2	Практические занятия, ч	
3	Лабораторные занятия, ч	
4	Занятия в контактной форме, ч, из них	36
5	из них аудиторных занятий, ч	32
6	в электронной форме, ч	-
7	консультаций, час.	2
8	промежуточная аттестация, ч	2
9	Самостоятельная работа, час.	36
10	Всего, ч	72

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий.

Программа и основное содержание лекций (32 часа)

№ п/п	Наименование темы и её содержание	Объем, час
1	Раздел 1. Оптические компоненты. Лазеры Общая схема лазера. Накачка волоконного лазера. Резонаторы.	2
2	Раздел 2. Усилители сигнала, активное волокно, квантовые переходы Усилители, легированные редкоземельными элементами. Полупроводниковые и рамановские усилители. Активное волокно. Квантовые переходы в оптическом волокне.	2
3	Раздел 3. Лавинные фотодетекторы и PIN. Преобразование и усиление сигнала Преобразование света в ток. Фотодетектор. Принцип работы и устройство фотодетектора и счетчика фотонов. Операционные усилители. Трансимпедансные усилители.	2
4	Раздел 4. Оптические компоненты. Модуляция сигнала, АОМ, ЕОМ. Модуляция светового сигнала. Акустооптический модулятор. Дифракция Рамана-Ната. Брэгговский режим. Электрооптический модулятор. Фазовая и амплитудная модуляция. Модулятор Маха-Цендера. Аттенюатор, принцип работы. Оптические переключатели.	4
5	Раздел 5. Методы обработки сигналов Преобразование Фурье. Цифровые фильтры. Численные методы обработки сигналов. Программные способы расчета и настройки точности измерения.	4

6	Раздел 6. Ключевые параметры распределенных систем Взаимосвязь частоты опроса и длины линии. Взаимосвязь пространственного разрешения и длины оптического импульса. Требования к модулям детектирования и обработки сигналов на примере оптического рефлектометра.	2
7	Раздел 7. Распределенные датчики. DTS Рамановское рассеяние света. Принцип работы DTS датчика. Области применимости и характерные величины	4
8	Раздел 8. Распределенные датчики. DTSS Бриллюэновское рассеяние света. Принцип работы датчика деформации. Характерные величины.	4
9	Раздел 9. Распределенные датчики. DAS Рэлеевское рассеяние света. Оптоволокно как распределенный интерферометр. Характерные параметры детектируемых акустических сигналов.	4
10	Раздел 10. Метрология Цели и задачи метрологии, стандартизации и сертификации; Техническое регулирование. Основы стандартизации; Метрологическое обеспечение организаций (производства); Метрологический контроль технической документации; Испытание, поверка и калибровка средств измерений; Управление качеством. Классификация измерений волоконной оптики; Основные виды измерений волоконной оптики; Метрологическое обеспечения волоконо-оптических средств измерения; Системы распределенного типа (DTS, DTSS, DAS).	4

Самостоятельная работа студентов (36 часов)

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Самостоятельное изучение материала	18
Подготовка к экзамену	18

5. Перечень учебной литературы.

1. Солимено, Сальваторе. Дифракция и волноводное распространение оптического излучения / С.Солимено, Б.Кросиньяни, П.Ди Порто ; Пер. с англ. Е.В.Московца, В.В.Тяхта; ; Под ред. В.С.ЛетоховаМ. : Мир, 1989, 662с. : ил.ISBN 5030010211 (1 экз.)
2. Бейли, Дэвид. Волоконная оптика : теория и практика : [пер. с англ.] / Дэвид Бейли, Эдвин Райт. Москва : Кудиц-Пресс, 2008. 320 с. : ил. ; 21 см.(Сетевые технологии) ISBN 978-5-91136-048-1 (1 экз)

6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.

1. A. Othonos, K. Kalli, Fiber Bragg Gratings: Fundamentals and Applications in Telecommunications and Sensing, Artech House Publishers, 1999
2. Шен И.Р. Принципы нелинейной оптики. М; Наука, 1989. 1
3. Г. Агравал, Нелинейная волоконная оптика, Москва, Мир, 1996.
4. G. Agrawal, Applications of Nonlinear Fiber Optics, Academic Press, London, 2001.

5. G. Agrawal, Fiber-optic Communications Systems, Wiley-Interscience, New York, 2002.
6. R. Kashyap, Fiber Bragg Gratings, Academic Press, London, 1999
7. Д. Стерлинг, Техническое руководство по волоконной оптике, Москва, Лори, 1998.
8. Е. М. Дианов, Волоконные лазеры, УФН, т.174, №10, стр.1139-1142, 2004.
9. Ю. Н. Кульчин, Распределенные волоконно-оптические измерительные системы, Москва, Наука, 2001.
10. М. Адамс, Введение в теорию оптических волноводов (Москва:Мир, 1984).
11. А. М. Желтиков, Оптика микроструктурированных волокон, Москва, Наука, 2004.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

Для освоения дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет.

7.1 Современные профессиональные базы данных

1. <http://www.iucr.org/iucr-to>
2. National Institute of Standard and Technology. NIST, <https://www-s.nist.gov>.

7.2. Информационные справочные системы

Энциклопедия фотоники: <https://www.rp-photonics.com/encyclopedia.html>

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows и MS Office.

Использование специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины не требуется.

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для реализации дисциплины «Оптоволоконная сенсорика 2» используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, итоговой и итоговой аттестации.

2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся.

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГУ.

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и итоговой аттестации по дисциплине.

10.1 Порядок проведения текущего контроля и итоговой аттестации по

дисциплине

Текущий контроль

Текущий контроль осуществляется в ходе семестра путем проведения коротких самостоятельных работ в начале каждого занятия с ответами на вопросы, по предыдущим лекциям.

Промежуточная аттестация

Освоение компетенций оценивается согласно шкале оценки уровня сформированности компетенции. Положительная оценка по дисциплине выставляется в том случае, если заявленная компетенция ПК-1 сформирована не ниже порогового уровня в части, относящейся к формированию способности использовать специализированные знания в области оптоволоконных сенсоров и волоконных лазеров в профессиональной деятельности.

Окончательная оценка работы студента в течение семестра происходит на экзамене. Экзамен проводится в конце семестра в экзаменационную сессию по билетам в устной форме. Вопросы билета подбираются таким образом, чтобы проверить уровень сформированности компетенции ПК-1.

Вывод об уровне сформированности компетенций принимается преподавателем. Каждый вопрос билета оценивается от 0 до 5 баллов. Положительная оценка ставится, когда все компетенции освоены не ниже порогового уровня. Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение итоговой аттестации.

Соответствие индикаторов и результатов освоения дисциплины

Таблица 10.1

Код компетенции	Индикатор	Результат обучения по дисциплине	Оценочные средства
ПК-1	ПК 1.1 Применяет специализированные знания в области физики при решении конкретных задач в области научных исследований в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.	Знать основы рассеяния света в веществе, принципы детектирования и обработки сигналов.	Экзамен.
	ПК 1.2 Выбирает наиболее эффективные методы решения конкретных задач в области научных исследований в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования	Уметь объяснить принципы работы основных волоконно-оптических компонент. Владеть выводом основных критериев дифракции и основных принципов рассеяния света в веществе.	Экзамен.

Таблица 10.2

Критерии оценивания результатов обучения	Шкала оценивания
<p><u>Решение самостоятельной работы:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – задание решено правильно, – работа оформлена аккуратно, четкие рисунки и чертежи, – осмысленность, логичность и аргументированность изложения материала, – точность и корректность применения терминов и понятий. <p>«Сдать задачу» означает объяснение хода её решения и, при необходимости, ответы на дополнительные вопросы преподавателя, имеющие принципиальное значение для данной дисциплины. Свободно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы. В ответах на вопросы преподавателя обучающийся мог допустить непринципиальные неточности.</p> <p><u>Экзамен:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – самостоятельность, осмысленность, структурированность, логичность и аргументированность изложения материала, отсутствие затруднений в объяснении процессов и явлений, а также при формулировке собственных суждений, – точность и корректность применения терминов и понятий, – наличие исчерпывающих ответов на дополнительные вопросы. <p>При изложении ответа на вопрос(ы) преподавателя обучающийся мог допустить непринципиальные неточности.</p>	Отлично
<p><u>Решение самостоятельной работы:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – задание решено правильно, – работа оформлена аккуратно, четкие рисунки и чертежи, – осмысленность, логичность и аргументированность изложения материала, наличие затруднений в формулировке собственных суждений, – точность и корректность применения терминов и понятий, при наличии незначительных ошибок. <p>«Сдать задачу» означает объяснение хода её решения и, при необходимости, ответы на дополнительные вопросы преподавателя, имеющие принципиальное значение для данной дисциплины. Отвечает на дополнительные вопросы.</p> <p>В ответах на вопросы преподавателя обучающийся мог допустить непринципиальные неточности.</p> <p><u>Экзамен:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – самостоятельность, осмысленность, структурированность, логичность и аргументированность изложения материала, наличие затруднений в объяснении отдельных процессов и явления, а также при формулировке собственных суждений, – точность и корректность применения терминов и понятий при наличии незначительных ошибок, – наличие полных ответов на дополнительные вопросы с возможным присутствием ошибок. 	Хорошо
<p><u>Решение самостоятельной работы:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – задание решено правильно, - работа оформлена неаккуратно – неосознанность и неосновательность выбранных методов анализа, – нет осмысленности в изложении материала, наличие ошибок в логике и аргументации, 	Удовлетворительно

<p>– корректность применения терминов и понятий, при наличии незначительных ошибок.</p> <p>«Сдать задачу» означает объяснение хода её решения и, при необходимости, ответы на дополнительные вопросы преподавателя, имеющие принципиальное значение для данной дисциплины. При ответах на вопросы допускает ошибки.</p> <p>Экзамен:</p> <p>– теоретический и фактический материал в слабой степени подкреплён ссылками на научную литературу и источники,</p> <p>– частичное понимание и неполное изложение причинно-следственных связей,</p> <p>– самостоятельность и осмысленность в изложении материала, наличие ошибок в логике и аргументации, в объяснении процессов и явлений, а также затруднений при формулировке собственных суждений,</p> <p>– корректность применения терминов и понятий, при наличии незначительных ошибок,</p> <p>– наличие неполных и/или содержащих существенные ошибки ответов на дополнительные вопросы.</p>	
<p>Решение самостоятельной работы:</p> <p>– задание решено неправильно,</p> <p>– компилятивное, неосмысленное, нелогичное и неаргументированное изложение материала,</p> <p>– грубые ошибки в применении терминов и понятий,</p> <p>«Сдать задачу» означает объяснение хода её решения и, при необходимости, ответы на дополнительные вопросы преподавателя, имеющие принципиальное значение для данной дисциплины. На дополнительные вопросы не отвечает.</p> <p>Экзамен:</p> <p>– фрагментарное и недостаточное представление теоретического и фактического материала, не подкреплённое ссылками на научную литературу и источники,</p> <p>– непонимание причинно-следственных связей,</p> <p>– отсутствие осмысленности, структурированности, логичности и аргументированности в изложении материала,</p> <p>– грубые ошибки в применении терминов и понятий,</p> <p>– отсутствие ответов на дополнительные вопросы.</p>	<p><i>Неудовлетворительно</i></p>

10.3 Типовые контрольные задания и материалы, необходимые для оценки результатов обучения

Примеры вопросов на экзамен

- 1 Волоконный лазер. Накачка и принципиальная схема.
- 2 Усилители, легированные ионами эрбия. Рамановские и полупроводниковые усилители.
- 3 Активное волокно. Квантовые переходы в оптоволокне.
- 4 Принцип работы амплитудного детектора. Разрешение и ВАХ.
- 5 Фотодиод. Фоторезистор. Фотоэлектронный умножитель.
- 6 Оптопара. Интегральные схемы с оптическими узлами.
- 7 Демодуляция сигналов. Теорема Котельникова. Численные методы.
- 8 Синхронное детектирование сигналов.
- 9 Тестирование волоконных приборов на метрологическом стенде. Условия и измеряемые величины.

- 10 Основные принципы метрологии.
- 11 Рамановское рассеяние. Принцип работы DTS датчика.
- 12 Рассеяние Мандельштама-Бриллюэна. Принцип работы DTSS датчика.
- 13 Рэлеевское рассеяние. Принцип работы DAS датчика.

Пример экзаменационного билета

- 1. Теоретический вопрос: Рамановское рассеяние. Применение его в датчиках.
- 2. Волоконный лазер. Принцип работы. Накачка и принципиальная схема.

Оценочные материалы по итоговой аттестации, предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям СУОС, хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

**Лист актуализации рабочей программы
по дисциплине «Оптоволоконная сенсорика 2»**

№	Характеристика внесенных изменений (с указанием пунктов документа)	Дата и № протокола Учёного совета ФФ НГУ	Подпись ответственного

Аннотация
к рабочей программе дисциплины «Оптоволоконная сенсорика 2»
Направление: 03.04.02 Физика
Направленность (профиль): «Общая и фундаментальная физика»

Программа дисциплины «Оптоволоконная сенсорика 2» составлена в соответствии с требованиями СУОС к обязательному минимуму содержания и уровню подготовки магистрантов по направлению подготовки **03.04.02 Физика, направленность «Общая и фундаментальная физика»**, а также задачами, стоящими перед Новосибирским государственным университетом по реализации Программы развития НГУ. Дисциплина реализуется на физическом факультете Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования Новосибирский национальный исследовательский государственный университет (НГУ) кафедрой радиофизики в качестве дисциплины по выбору. Дисциплина изучается магистрантами первого курса физического факультета в весеннем семестре.

Цель курса – ознакомление студентов с 1) принципами работы распределенных волоконно-оптических датчиков; 2) основными методами метрологии, применяющимися к анализу оптоволоконных датчиков; 3) методами детектирования и методами обработки сигналов, реализующихся при работе с оптоволоконными датчиками; 4) основными оптоволоконными компонентами и их принципом работы.

Дисциплина нацелена на формирование у обучающегося профессиональной компетенции:

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1 Способен использовать специализированные знания в области физики при решении поставленных задач в научно-исследовательской деятельности в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.	ПК 1.1 Применяет специализированные знания в области физики при решении конкретных задач в области научных исследований в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования. ПК 1.2 Выбирает наиболее эффективные методы решения конкретных задач в области научных исследований в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.	Знать основные принципы работы оптоволоконных компонентов и тренды развития оптоволоконной сенсорики. Уметь объяснить принципы работы распределенных волоконно-оптических датчиков. Владеть основными методами метрологии в области оптоволоконной сенсорики и методами обработки оптоэлектронных сигналов.

Курс рассчитан на один семестр (2-й). Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, консультации, самостоятельная работа студента и её контроль преподавателями с помощью заданий, экзамен.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

Текущий контроль: контрольные работы, задания для самостоятельного решения.

Промежуточная аттестация: экзамен.

Общая трудоемкость рабочей программы дисциплины составляет **72** академических часа / **2** зачетные единицы.