



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФГБОУ ВО «ИГУ»

Кафедра общей и космической физики



Рабочая программа дисциплины (модуля)

Наименование дисциплины (модуля): Б1.В.ДВ.07.02 Волоконно-оптические линии связи

Направление подготовки: 03.03.02 Физика

Направленность (профиль) подготовки: Фундаментальная физика и физика Космоса

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очная

Согласовано с УМК:

физического факультета

Протокол № 49 от «26» марта 2025 г.

Председатель: д.ф.-м.н., профессор

 Н.М. Буднев

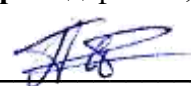
Рекомендовано кафедрой:

общей и космической физики

Протокол № 8

от «24» марта 2025 г.

Зав.кафедрой д.ф.-м.н., профессор

 Паперный В.Л.

Иркутск 2025 г.

Содержание

I. Цели и задачи дисциплины (модуля)	3
II. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО	4
III. Требования к результатам освоения дисциплины	4
IV. Содержание и структура дисциплины (модуля)	5
4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов	6
4.1. План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	7
4.3. Содержание учебного материала	8
4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ	11
4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС)	12
4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов	13
4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии)	14
V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)	15
а) <i>перечень литературы</i>	15
б) <i>периодические издания</i>	16
в) <i>список авторских методических разработок</i>	16
г) <i>базы данных, информационно-справочные и поисковые системы</i>	16
VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)	16
6.1. Учебно-лабораторное оборудование:	16
6.2. Программное обеспечение:	17
6.3. Технические и электронные средства:	17
VII. Образовательные технологии	17
VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации	17

I. Цели и задачи дисциплины (модуля)

Волоконно-оптические линии связи (ВОЛС) являются в настоящее время самыми быстродействующими из всех известных систем связи. Оптические кабели используются для организации телефонной городской, междугородней и международных сетей связи; кабельного телевидения; локальных вычислительных сетей; волоконно-оптических датчиков и др. В данной дисциплине излагаются основы передачи сигналов по оптоволокну, принципы работы различных видов оптических волноводов, их характеристики.

Большая часть лабораторных занятий проводится с использованием учебного оборудования компании *National Instruments* (NI). Основной особенностью конструктивного решения фирмы NI является построение большого набора практикумов по различным дисциплинам на единой платформе: универсальной лабораторной станции NI ELVIS. Программным обеспечением для реализации проектов на основе этой платформы является среда визуального программирования *NI LabVIEW*. Среда позволяет проводить обучение в практическом, интерактивном режиме в таких областях, как контрольно-измерительные оборудование, схемотехника, электроника, электротехника, системы управления, средства коммуникации и др.

Программа ставит **цель** познакомить студентов с основами техники передачи сигналов в цифровой форме по оптоволоконным линиям на базе современного учебного оборудования. Занятия рассчитаны на один семестр.

В данном курсе, с одной стороны, изучаются физические основы распространения светового луча в оптоволокну, а с другой стороны, реализуются лабораторные работы по технике обслуживания оптоволоконных линий связи.

Задачи курса:

- Снабдить студентов знаниями об основах теории передачи сигналов;
- познакомить с архитектурой учебного лабораторного комплекса NI ELVIS II и расширительной платой EMONA FOTEx;
- выработать у студентов навыки работы с оборудованием компании *National Instruments*, использующегося при построении современных телекоммуникационных сетей с оптическими каналами передачи данных.
- знания и умения, приобретённые при изучении этого предмета, будут востребованы при выполнении курсовых и дипломных работ и в процессе будущей профессиональной деятельности;
- познакомить студентов с принципами построения квантовых компьютеров.

Лабораторный комплекс данного практикума предназначен для обучения студентов принципам передачи информации по оптоволоконным линиям связи. В рамках лабораторных работ студенты осваивают методы кодирования и декодирования сигналов с импульсно-кодовой модуляцией, а также основы оптической фильтрации, разделения и объединения сигналов, двунаправленной оптоволоконной связи, оптических потерь и др.

II. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данный курс относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1.).

Входные знания, умения и компетенции студентов, необходимые для изучения дисциплины, определяются их базовыми знаниями, полученными на младших курсах бакалавриата при изучении следующих дисциплин: модуль «Методы математической физики», модуль «Теоретическая физика», модуль «Физика колебательных и волновых процессов», радиотехнические сигналы и цепи.

III. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины (модуля) направлен на формирование следующих профессиональных компетенций (ПК):

- Способен проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта (ПК-2).

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
ПК-2	ИДК ПК.2.1 Способен осуществлять выполнение экспериментов и оформление результатов исследований и разработок	Знает: - основные элементы устройств волоконно-оптических линий связи; - принципы действия отдельных узлов и элементов аппаратуры; - основные правила эксплуатации и передовые методы обслуживания современных оптических линий связи. Умеет: - измерять и самостоятельно проводить испытания оптических линий связи - обеспечивать сохранение получаемых данных; - правильно организовывать эксплуатацию каналов первичных и вторичных сетей связи.

		Владеет: • методикой измерения основных эксплуатационных измерений каналов, трактов и элементов аппаратуры систем передачи оптических сигналов.
--	--	--

IV. Содержание и структура дисциплины (модуля)

Объем дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 часа, в том числе 57 часов контактной работы.

Занятия проводятся только в очной форме обучения с применением дистанционного контроля самостоятельной работы студентов через ЭИОС факультета. Электронной и дистанционной форм обучения не предусматривается.

На практическую подготовку отводится 22 аудиторных часов (во время выполнения практических заданий).

Форма промежуточной аттестации: зачёт.

4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов

№ п/п	Раздел дисциплины/тема	Семестр	Всего часов	Из них практическая подготовка обучающихся	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся, практическую подготовку и трудоемкость (в часах)			Формы текущего контроля успеваемости; Форма промежуточной аттестации (по семестрам)	
					Контактная работа преподавателя с обучающимися		Самостоятельна я работа		
					Лекции	Семинарские/ практические/ лабораторные занятия			Консультации
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Раздел 1. Теория информации и оптика	8	9,1	2		8	0,1	1	опрос
2	Раздел 2. Волоконная оптика	8	10,2	4		8	0,2	2	отчёт, защита отчёта
3	Раздел 3. Волоконно-оптические линии связи	8	10,2	4		8	0,2	2	отчёт, защита отчёта
4	Раздел 4. Физические основы передачи сигнала по оптическому волокну	8	12,2	4		8	0,2	4	отчёт, защита отчёта
5	Раздел 5. Изучение технологии передачи и обработки оптических сигналов на учебном лабораторном комплексе NI ELVIS II с платой EMONA FOTEx	8	12,2	4		8	0,2	4	отчёт, защита отчёта, контрольные вопросы
6	Раздел 6. Оптические компьютеры	8	10,1	4		8	0,1	2	опрос
	Зачёт								Опрос
	Контроль		8						
	КСР								
	Итого часов		72	22		48	1	15	

4.1. План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
8	Все разделы	Обработка полученных экспериментальных данных, анализ результатов	В течение семестра	12	отчёты по лабораторным работам	Методические описания к лабораторным работам
8	Все разделы	Формулирование выводов по результатам работы. Работа с методическим материалом к каждой работе	В течение семестра	2	Собеседование	
8	Все разделы	Подготовка к зачёту	К концу семестра	1	Опрос	Вся рекомендуемая литература
Общий объем самостоятельной работы по дисциплине (час)				15		

4.3. Содержание учебного материала

Содержание разделов и тем дисциплины

Раздел 1. Теория информации и оптика

- 1.1. Источник, приемник и канал передачи информации. Характеристики канала передачи информации. Электронные каналы связи и их ограничения.
- 1.2. Изображение как сигнал. Фундаментальный предел Бреммерманна на скорость обработки и передачи информации - $2 \cdot 10^{47}$ бит/г.сек.
- 1.3. История оптической связи.
- 1.4. Волны в средах с частотной и пространственной дисперсией и анизотропией оптических свойств.
- 1.5. Геометрическая оптика волноводных систем. Линзовые, диафрагменные линии и оптические резонаторы.
- 1.6. Модовая теория. Волноводная передача изображений. Оптическая передаточная функция волокон и планарных световодов. Энергетика световолокон и "силовые" световоды.

Раздел 2. Волоконная оптика

- 2.1. Одно-и многомодовые волокна. Взаимодействие мод. Ненаправляемые моды.
- 2.2. Электромагнитное поле внутри волокна. Затухание. Дисперсия мод. Модовый шум.
- 2.3. Сжатие импульсов и спектральное уплотнение. Градиентные волокна, фоклины, моданы, селфоки.
- 2.4. Нелинейные эффекты в оптических волокнах и солитонный режим передачи информации. Влияние временных параметров сигнала на информационные характеристики световолокон. Роль внешней оболочки световолокна.
- 2.5. Потери и искажения в оптическом волокне. Волоконно-оптические /ВО/ датчики физических величин. Ввод информации в волокно.
- 2.6. Полупроводниковые лазеры и светодиоды для оптической связи.
- 2.7. Соединение двух волокон и методы возбуждения мод в волноводе. Методы модуляции света: амплитудная, фазовая, частотная, двоичная и позиционно-импульсная. Мультиплексоры, разветвители и ретрансляторы.

Раздел 3. Волоконно-оптические линии связи /ВОЛС/

- 3.1. Цифровые ВОЛС первого и второго поколения.
- 3.2. Аналоговые ВОЛС.
- 3.3. Применение ВОЛС в локальных сетях телеметрии, сверхдальней связи и при компьютеризации физических экспериментов.
- 3.4. Технологии изготовления оптических волокон и систем. ВО-датчики и ВОЛС с первичной обработкой сигнала.
- 3.5. ВО-телеметрия и ВО-измерительные системы. ВО-интерферометры и датчики на их основе. Обработка изображений многожгутовыми системами и ВО-планшайбами. ВО интраскопия и дефектоскопия.
- 3.6. Открытые линии оптической связи.

Раздел 4. Физические основы передачи сигнала по оптическому волокну

- 4.1. Изучение компьютерной модели планарного оптического волновода
 - 4.1.1. Модовая структура сигнала в волноводе.
 - 4.1.2. Характеристики мод в планарном волноводе.

4.1.3. Представление о модовой дисперсии.

4.1.4. Переход в одномодовый режим, достоинства и недостатки одномодовых световодов.

4.2 Ввод излучения в оптоволокно

4.2.1 Понятие апертуры волокна.

4.2.2 Измерение апертурного угла.

4.2.3 Расчет характеристик волокна по измеренным данным.

4.3 Потери в оптическом волокне

4.3.1 Виды потерь.

4.3.2 Потери в волокне при изгибе.

4.3.3 Расчет параметров волокна по данным измерений.

Раздел 5. • Изучение технологии передачи и обработки оптических сигналов на учебном лабораторном комплексе NI ELVIS II с платой EMONA FOTEx

5.1. Контрольно-измерительные приборы NI ELVIS II

5.1.1. Цифровой мультиметр

5.1.2. Осциллограф

5.1.3. Источник питания постоянного тока

5.1.4. Генератор функций

5.2. Знакомство с расширительным модулем FOTEx

5.2.1. Измерение параметров опорных сигналов.

5.2.2. Модуль преобразователя речевых сигналов.

5.2.3. Модуль усилителя.

5.2.4. Фильтры нижних частот с частотами среза 1кГц и 3кГц.

5.3. Кодирование ИКМ.

5.3.1. Кодирование статического сигнала постоянного тока с фиксированным уровнем.

5.3.2. Кодирование сигнала напряжения с изменяемым уровнем.

5.3.3. Кодирование непрерывно изменяющегося сигнала.

5.4. Декодирование ИКМ

5.4.1. Настройка ИКМ-кодера.

5.4.2. Декодирование ИКМ-данных.

5.4.3. Анализатор спектра.

5.4.4. Исследование спектра декодированного сигнала.

5.4.5. Восстановление исходного сообщения.

5.5. Дискретизация и теорема Найквиста при импульсно-кодовой модуляции (ИКМ)

5.5.1. Основные принципы преобразования аналогового сигнала в цифровой.

5.5.2. Настройка одноканальной системы ИКМ кодирования и декодирования.

5.5.3. Спектр сигнала на выходе ИКМ-декодера.

5.5.4. Влияние частоты сигнала на побочные гармоники.

5.5.5. Наложение спектров и частота Найквиста.

5.6. Множественный доступ с временным разделением каналов (TDMA)

5.6.1. Настройка ИКМ кодера в режиме TDM.

5.6.2. Создание двухканальной системы PCM-TDM.

5.6.3. Уплотнение по времени и частота дискретизации.

5.7. Линейное кодирование линии и восстановление тактового сигнала

- 5.7.1. Кодировка сигнала в кодом Manchester II.
- 5.7.2. Кодировка сигнала кодом NRZ.
- 5.7.3. Сравнительные характеристики, потери информации при передаче посылки.
- 5.7.4. Исследование линейных кодов с помощью осциллографа.
- 5.7.5. Исследование спектрального состава линейных кодов.
- 5.7.6. Оценка кодов по качеству самосинхронизации.
- 5.7.7. Восстановление сигнала битовой синхронизации.

5.8. Передача данных через оптоволоконные линии

- 5.8.1. Передатчики и приёмники оптических сигналов на плате Emona FOTEx.
- 5.8.2. Передача информации по простейшей ВОЛС.

5.9. Создание двухканальной телекоммуникационной системы множественного доступа с временным разделением каналов

5.10. Фильтрация, разделение и объединение оптических сигналов

- 5.10.1. Фильтрации оптических сигналов.
- 5.10.2. Разделение оптических сигналов.
- 5.10.3. Объединение оптических сигналов.

5.11. Двухнаправленная оптоволоконная связь

- 5.11.1. Сборка однонаправленной оптоволоконной системы связи.
- 5.11.2. Преобразование схемы в двухнаправленную оптоволоконную систему связи.

5.12. Спектральное уплотнение сигналов

- 5.12.1. Получение спектрального уплотнения.
- 5.12.2. Двухканальная система со спектральным уплотнением.
- 5.12.3. Трёхканальная система со спектральным уплотнением (TDM-WDM).

5.13. Оптические потери

- 5.13.1. Оценка потерь на оптических соединениях.
- 5.13.2. Оценка потерь на WDM-фильтрах.
- 5.13.3. Исследование затухания сигнала в зависимости от длины оптоволоконного кабеля.
- 5.13.4. Оценка потерь на оптическом разветвителе.

Раздел 6. • Оптические компьютеры

- 6.1. Процессоры для улучшения качества изображений, распознавания и обработки данных
- 6.2. МезОПОПтика и сверхразрешение.
- 6.3. Оптические системы с обратной связью. Адаптивная оптика.
- 6.4. Мультистабильные оптические элементы. Оптические нейроподобные системы обработки информации. Фундаментальные физические пределы миниатюризации компьютерных систем.
- 6.5. Квантовые компьютеры и нанотехнологии.

4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Часы	Оценочные средства	Компет енции
1	2	3	4	5	6
1.	Раздел 4.	Изучение компьютерной модели планарного оптического волновода	4	Собеседование Ответы на контр.вопросы Отчет по лаб.раб.	ПК-2
2.		Ввод излучения в оптоволокно	8	Собеседование Ответы на контр.вопросы Отчет по лаб.раб.	ПК-2
3.		Потери в оптическом волокне	10	Собеседование Ответы на контр.вопросы Отчет по лаб.раб.	ПК-2
4.	Раздел 5.	Контрольно-измерительные приборы NI ELVIS II	2	Отчет по лаб.раб.	ПК-2
5.		Знакомство с расширительным модулем FOTeX	2	Отчет по лаб.раб.	ПК-2
6.		Кодирование ИКМ	2	Отчет по лаб.раб.	ПК-2
7.		Декодирование ИКМ	2	Отчет по лаб.раб.	ПК-2
8.		Дискретизация и теорема Найквиста при импульсно-кодовой модуляции (ИКМ)	2	Отчет по лаб.раб.	ПК-2
9.		Множественный доступ с временным разделением каналов (TDMA)	2	Отчет по лаб.раб.	ПК-2
10.		Линейное кодирование линии и регенерация тактового сигнала	2	Отчет по лаб.раб.	ПК-2
11.		Передача данных через оптоволоконные линии	2	Отчет по лаб.раб.	ПК-2
12.		Создание двухканальной телекоммуникационной системы множественного доступа с временным разделением каналов	2	Отчет по лаб.раб.	ПК-2
13.		Фильтрация, разделение и объединение оптических сигналов	2	Отчет по лаб.раб.	ПК-2
14.		Двунаправленная оптоволоконная связь	2	Отчет по лаб.раб.	ПК-2
15.		Спектральное уплотнение сигналов	2	Отчет по лаб.раб.	ПК-2
16.		Оптические потери	2	Отчет по лаб.раб.	ПК-2

4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС)

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
1	Все темы	Аудиторная: знакомство с содержанием методического материала	Сделать заготовку будущего отчёта, разобраться с порядком выполнения лабораторной работы	Вся рекомендованная лектором учебная литература	0,5
2	Потери в оптическом волокне	Аудиторная:	Выполнить практическое задание, оформить отчет согласно рекомендациям, отчитаться	[1]	1
		Внеаудиторная	Подготовиться к защите отчета		1
3	Кодирование ИКМ	Аудиторная:	Выполнить практическое задание, оформить отчет согласно рекомендациям, отчитаться	[1,2,3]	1
		Внеаудиторная	Подготовиться к защите отчета		1
4	Декодирование ИКМ	Аудиторная:	Выполнить практическое задание, оформить отчет согласно рекомендациям, отчитаться	[1,2]	1
		Внеаудиторная	Подготовиться к защите отчета		1
5	Дискретизация и теорема Найквиста при импульсно-кодовой модуляции (ИКМ)	Аудиторная:	Выполнить практическое задание, оформить отчет согласно рекомендациям, отчитаться	[1,2]	1
		Внеаудиторная	Подготовиться к защите отчета		1
6	Множественный доступ с временным разделением каналов (TDMA)	Аудиторная:	Выполнить практическое задание, оформить отчет согласно рекомендациям, отчитаться	[2,3]	1
		Внеаудиторная	Подготовиться к защите отчета		0,5
7	Линейное кодирование	Аудиторная:	Выполнить практическое	[2,3]	0,5

	линии и регенерация тактового сигнала		задание, оформить отчет согласно рекомендациям, отчитаться		
		Внеаудиторная	Подготовиться к защите отчета		0,5
8	Передача данных через оптоволоконные линии	Аудиторная:	Выполнить практическое задание, оформить отчет согласно рекомендациям, отчитаться	[6,7]	0,5
		Внеаудиторная	Подготовиться к защите отчета		0,5
9	Фильтрация, разделение и объединение оптических сигналов	Аудиторная:	Выполнить практическое задание, оформить отчет согласно рекомендациям, отчитаться	[8,9]	0,5
		Внеаудиторная	Подготовиться к защите отчета		0,5
10	Двухнаправленная оптоволоконная связь	Аудиторная:	Выполнить практическое задание, оформить отчет согласно рекомендациям, отчитаться	[1,2,3]	0,5
		Внеаудиторная	Подготовиться к защите отчета		0,5
11	Спектральное уплотнение сигналов	Аудиторная:	Выполнить практическое задание, оформить отчет согласно рекомендациям, отчитаться	[1]	0,5
		Внеаудиторная	Подготовиться к защите отчета		0,5
ИДК ПК.2.1					

4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Основные, имеющие принципиальное значение и наиболее трудные для понимания и усвоения теоретические и практические вопросы излагаются в методических материалах к лабораторным работам.

Теоретические знания, полученные студентами при самостоятельном изучении курса по литературным источникам, закрепляются во время выполнения лабораторных работ.

При выполнении лабораторной работы обращается особое внимание на выработку у студентов умения пользоваться научно-технической литературой, грамотно выполнять и оформлять отчёты.

Текущая работа над учебными материалами представляет собой главный вид самостоятельной работы студентов. Она включает обработку экспериментальных данных полученных во время лабораторной работы и оформление отчёта. Для этого используются имеющиеся учебно-методические материалы и другая рекомендованная литература.

4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии)

Курсовые работы не предусмотрены.

V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**а) перечень литературы***основная литература*

- 1) Буднев Н.М. Преобразование и передача сигналов в оптоволоконных линиях связи [Текст] : учеб. пособие / Н. М. Буднев ; Иркутский гос. ун-т. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2013. - 129 с. : ил. ; 20 см. - (Образовательные технологии National Instruments). - ISBN 978-5-9624-0880-4. – (19 экз.)
- 2) Фриман, Р. Волоконно-оптические системы связи / Р. Фриман ; Пер. с англ. под ред. Н. Н. Слепова. - 4-е изд., доп. - М. : Техносфера, 2007. - 511 с. : ил., цв. ил. ; 24 см. - (Мир связи). - Библиогр.: с. 479-490. - Предм. указ.: с. 491-495. - ISBN 978-5-94836-154-3. – (9 экз.)
- 3) Скляр, О.К. Волоконно-оптические сети и системы связи [Текст] : учеб. пособие / О. К. Скляр. - 2-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2010. - 265 с. : ил. ; 24 см. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Библиогр.: с. 254-261. - ISBN 978-5-8114-1028-6. – (11 экз.)

дополнительная литература

- 1) Курс физики [Электронный ресурс] : в 3 . / Савельев И. В., - Электрон. текстовые дан. . - ЭБС "Лань". - неогранич. доступ. – Т. 2 : Электричество. Колебания и волны. Волновая оптика / И. В. Савельев, Т. 2. - 5-е изд., стер. - [Б. м.] : Лань, 2018. - 468 с. - ISBN 978-5-8114-0686-9

б) *периодические издания*

- нет.

в) *список авторских методических разработок*

1. Буднев Н.М. Преобразование и передача сигналов в оптоволоконных линиях связи [Текст] : учеб. пособие / Н. М. Буднев ; Иркутский гос. ун-т. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2013. - 129 с. : ил. ; 20 см. - (Образовательные технологии National Instruments). - ISBN 978-5-9624-0880-4. – (19 экз.)
2. В системе образовательного портала ИГУ (<http://educa.isu.ru/>) размещены методические материалы и задания по данному курсу

г) *базы данных, информационно-справочные и поисковые системы*

- 1) www.ni.com/russia
- 2) <http://www.labview.ru/>
- 3) <http://library.isu.ru/ru>
- 4) ЭЧЗ «Библиотех» <https://isu.bibliotech.ru/>
- 5) ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com/>
- 6) ЭБС «Рукопт» <http://rucont.ru>
- 7) ЭБС «Айбукс» <http://ibooks.ru>

VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

6.1. Учебно-лабораторное оборудование:

В лаборатории кафедры общей и космической физики имеются стенды для исследования основных характеристик оптического волокна («Потери в оптическом волокне», «Исследование апертуры в оптическом волокне», «Изучение эффекта Фурье-оптики (опыт Аббе-Портера)»), лабораторный комплекс NI ELVIS II+ и расширительная плата EMONA FOTEx (ETT-211 “FOTEx”) с набором функциональных блоков, макетная плата NI ELVIS II Series Prototyping Board, набор оптических кабелей и соединительных проводов.

Современные компьютеры (ноутбуки), имеющие доступ к локальной сети университета и выход в Интернет (через Wi-Fi).

На занятиях могут использоваться мультимедийные средства: проектор (CASIO XJ-A241), переносной экран (Classic Solution, T195x195/1MW-LU/B), ноутбук Lenovo B590. На факультете имеется компьютеризированная аудитория, предназначенная для самостоятельной работы, с неограниченным доступом в Интернет.

Имеются списки заданий и методическое руководство в электронном и печатном виде. Кроме того курс поддерживается авторским пособием.

6.2. Программное обеспечение:

- 1) Academic NI LabVIEW™ FDS Teaching ASL (1 year Academic site license teaching standart service program, номер лицензии 784211-3510)
- 2) NI Educational Laboratory Virtual Instrumentation Suite II Series (NI ELVISmx for NI ELVIS & NI myDAQ). – National Instruments, 2011
- 3) Авторская программа моделирования распространения электромагнитных волн в плоском волноводе (2011).

На ноутбуках поставщиком установлена операционная система Windows 8. Для работы с документами имеются LibreOffice и Adobe Acrobat Reader.

6.3. Технические и электронные средства:

Для обработки полученных в ходе эксперимента данных на практических занятиях в лаборатории кафедры имеются компьютеры с соответствующим программным обеспечением.

Во время занятий для пояснения поставленных в практических работах заданий студентам демонстрируются на экране с помощью проектора дополнительные и вспомогательные материалы (презентации, типичные примеры)

VII. Образовательные технологии

Новые знания студенты получают самостоятельно из методических описаний. Практическим навыкам они обучаются при выполнении лабораторных работ под руководством преподавателя. Студенты выполняют работы небольшими группами, обсуждая последовательность действий, и вместе анализируют полученные результаты.

VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации

Форма текущего контроля: собеседование во время лабораторных работ, проверка отчетов. Для допуска к итоговому зачёту требуется полностью выполнить все лабораторные, сдать отчеты и обсудить с преподавателем полученные результаты по каждой работе, получив при этом отметку о сдаче.

Вид промежуточной аттестации – экзамен.

8.1.1. Оценочные средства для входного контроля

Для изучения данного курса студент должен знать основы информатики, уметь пользоваться компьютером на продвинутом уровне, прослушать подробную технику безопасности при работе со сложным цифровым оборудованием.

8.1.2. Оценочные средства текущего контроля

Примерные вопросы для текущего контроля:

- 1) Почему на практике применяется волоконный световод, состоящий из сердцевины и оболочки?

- 2) Какую роль играет ИКМ-кодирование в системе связи?
- 3) Приведите схему образования ИКМ-сигнала.
- 4) Что такое кадр в системе ИКМ-кодирования?
- 5) Что такое шаг квантования?
- 6) Объясните, что показывает каждый импульс тактового сигнала?
- 7) Сколько бит между импульсами в сигнале кадровой синхронизации (FS)?
- 8) Изобразите код, генерируемый ИКМ-кодером, при подаче на его вход постоянного напряжения в 1 В.
- 9) Каковы основные этапы восстановления передаваемого сообщения?
- 10) Что такое шум квантования?
- 11) Как достигается синхронность работы ИКМ-декодера и ИКМ-кодера?
- 12) Каким будет восстановленный сигнал, если в схеме восстановления (рисунки 4.7 и 4.8) использовать фильтр с частотой среза 100 Гц?
- 13) Что определяет параметр настройки анализатора спектра (DSA) *Frequency Span*?
- 14) По вертикальной шкале в анализаторе спектра откладывается мощность сигнала в дБ. Почему все побочные гармоники имеют отрицательное значение в дБ?
- 15) Что означает отличие двух гармоник друг от друга на 100 дБ?
- 16) Что такое частота Найквиста?
- 17) Почему на рисунке 5.2 график состоит из отдельных точек, не соединённых между собой?
- 18) Из каких соображений выбирается частота дискретизации?
- 19) Что называется шумом квантования?
- 20) Почему после декодирования в сигнале появляются побочные составляющие?

Пример практических заданий:

- 1) Рассчитайте коэффициент передачи фильтров в дБ по формуле (1) За $V_{\text{вх}}$ нужно взять амплитуду исходного сигнала с генератора.

$$K_{(\text{дБ})} = 20 \lg \left(\frac{V_{\text{вх}}}{V_{\text{вх}}} \right) \quad (1)$$

Проведите измерения при разных частотах исходного «нефильтрованного» сигнала (500 Гц, 1кГц, 2кГц, 3кГц, 4кГц, 5кГц). Частота меняется в настройках функционального генератора.

Сохраняйте скриншоты окна программы осциллографа после его настройки.

- 2) Используя свойства оптических разветвителей, нарисуйте схему двунаправленной линии связи, в которой могут передаваться аналоговый сигнал (сообщение 1) и цифровой сигнал (сообщение 2) по одному оптоволокну в обоих направлениях. Т.е. один пользователь передаёт аналоговый сигнал второму пользователю, находящемуся на другом конце линии связи. Одновременно первый клиент получает цифровой сигнал от второго клиента. Для отчёта изобразите блок-схему такой линии».

8.1.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации

Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов:

№ п\п	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Компетенции, компоненты которых контролируются
1.	Собеседование при защите отчета	Потери в оптическом волокне	ПК-2
2.	Собеседование при защите отчета	Кодирование ИКМ	ПК-2
3.	Собеседование при защите отчета	Декодирование ИКМ	ПК-2
4.	Собеседование при защите отчета	Дискретизация и теорема Найквиста при импульсно-кодовой модуляции (ИКМ)	ПК-2

5.	Собеседование при защите отчета	Множественный доступ с временным разделением каналов (TDMA)	ПК-2
	Собеседование при защите отчета	Линейное кодирование линии и регенерация тактового сигнала	ПК-2
	Собеседование при защите отчета	Передача данных через оптоволоконные линии	ПК-2
	Собеседование при защите отчета	Фильтрация, разделение и объединение оптических сигналов	ПК-2
	Собеседование при защите отчета	Двунаправленная оптоволоконная связь	ПК-2
	Собеседование при защите отчета	Спектральное уплотнение сигналов	ПК-2
6.	Подготовка к экзамену	Все разделы	ПК-2

Примерный список вопросов к зачёту

- Основные принципы передачи цифровых сигналов
- Передача света по оптическому волноводу.
- Оптоволокну. Типы, характеристики и применение.
- Потери в волоконно-оптических линиях связи.
- Архитектура учебного лабораторного комплекса NI ELVIS II.
- Типичные параметры настройки цифрового осциллографа.
- Основные функциональные блоки расширительного модуля Emona FOTex.
- Принципы ИКМ-кодирования.
- Аналого-цифровое преобразование.
- Методика ИКМ-декодирования.
- Теорема Найквиста. Частота Найквиста. Дискретизация сигнала.
- Принципы линейного кодирования сигнала. Цифровой сигнал. TTL. Биполярный код NRZ.
- Бифазный код (манчестерский) BiF.
- Линейный код RZ-AMI. Энергетические затраты при кодировании.
- Восстановление сигнала битовой синхронизации (тактового сигнала).
- Организация двунаправленной линии передачи информации.
- Методы TDMA и FDMA при мультиплексировании.
- Преобразование сигнала из световой формы в электрическую и наоборот.
- Фильтрация оптических сигналов.
- Объединение оптических сигналов.
- Разделение оптических сигналов.
- Спектральное уплотнение.
- Организация многоканальной оптической линии связи.
- Определение коэффициента затухания оптического кабеля.

Пример тестовых заданий для проверки сформированности компетенций, указанных выше п.3:

1. Для передачи по линии связи посылку в коде NRZ преобразуют в код BIF потому что

- 1) Вторая кодировка более экономичная,
- 2) В этой кодировке посылка лучше самосинхронизируется,
- 3) В этой кодировке спектр посылки уже,
- 4) В некоторых случаях искажения посылки меньше

2. Одномодовое волокно используется в магистральных линиях связи, потому что

- 1) В нем отсутствует модовая дисперсия,
- 2) В нем меньше затухание сигнала в оболочке кабеля,
- 3) Оно более защищено от несанкционированного доступа,
- 4) В нем меньше затухание в сердцевине кабеля

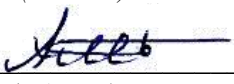
3. Апертура оптического волокна определяется

- 1) длиной волны источника света,
- 2) отношением показателей преломления сердцевины и оболочки,
- 3) диаметром сердцевины,
- 4) отношением диаметров сердцевины и оболочки

4. Числовая апертура световода определяет

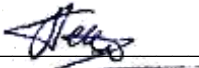
- 1) величину потерь мощности излучения на единице длины
- 2) количество максимумов на спектральной характеристике
- 3) максимальный угол, при котором возможен ввод излучения в световод

Разработчики:

 (подпись)	профессор, зав.кафедрой, д.ф.-м.н. (занимаемая должность)	<u>В.Л., Паперный</u> (инициалы, фамилия)
 (подпись)	ст. преп., к.ф.-м.н. (занимаемая должность)	<u>А.А., Черных</u> (инициалы, фамилия)

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02 Физика.

Программа рассмотрена на заседании кафедры общей и космической физики ИГУ
« 24 » марта 2025 г.

Протокол № 8, зав. кафедрой  В.Л. Паперный

Настоящая программа не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.