МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Физико-технический факультет

УТВЕРЖДАЮ:
Проректор по учебной работе,
качеству образования – первый
проректор
_____Хагуров Т.А.
подпись
«25» мая 2019 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.В.ДВ.01.01 ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОПТИКА И НАНОФОТОНИКА

(код и наименование дисциплины в соответствии с учебным планом)

Направление подготовки / специальность
11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи
(код и наименование направления подготовки/специальности)

Направленность (профиль) / специализация
Физика и техника радиоэлектронных и фотонных инфокоммуникаций
(наименование направленности (профиля) специализации)

Форма обучения заочная
(очная, очно-заочная, заочная)

Квалификация бакалавр
(бакалавр, магистр, специалист)

Краснодар 2019

Рабочая программа дисциплины ФТД.В.02 «Волноводная фотоника» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи, профиль «Оптические системы и сети связи»

Программу составил:

В.П. Прохоров, канд. физ.-мат. наук,
доцент кафедры оптоэлектроники


подпись

Рабочая программа дисциплины ФТД.В.02 «Волноводная фотоника» утверждена на заседании кафедры оптоэлектроники ФТФ,
протокол № 9 от 12.04.2018г.
Заведующий кафедрой оптоэлектроники
д-р техн. наук, профессор Яковенко Н.А.


подпись

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии физико-технического факультета, протокол № 10 от 02.04.2018 г.
Председатель УМК ФТФ
д-р физ.-мат. наук, профессор Богатов Н.М.


подпись

Рецензенты:

Куликов О.Н., канд. физ.-мат. наук, начальник бюро патентной и научно-технической информации АО «КБ «Селена»

Тумаев Е.Н., д-р физ.-мат. наук, профессор кафедры теоретической физики и компьютерных технологий

1. Цели и задачи изучения дисциплины (модуля)

1.1. Цель освоения дисциплины

Волноводная фотоника – это наиболее динамично развивающееся направление фотоники, определяющее прогресс мировой науки и техники, связанный с исследованием, разработкой, созданием и эксплуатацией новых материалов, технологий, приборов и устройств, направленных на передачу, прием, обработку, хранение и отображение информации на основе оптических технологий. Волноводная фотоника ориентирована на интеграцию оптических, информационных и телекоммуникационных технологий.

Основная цель преподавания дисциплины – получение студентами базовых теоретических знаний и практических навыков, позволяющих проводить моделирование систем связи и обработки информации, а также телекоммуникационных систем с использованием современных оптических технологий.

1.2. Задачи дисциплины

Задачами освоения дисциплины «Волноводная фотоника» являются:

– привить студентам навыки научно-исследовательской работы и продемонстрировать широкие возможности использования техники волноводной фотоники в различных научных направлениях;

– обучить студентов принципам и приемам самостоятельных расчетов характеристик элементной базы волноводной фотоники, интегрально-оптических и волоконно-оптических структур;

– освоение студентами физических принципов и математических моделей волноводной фотоники;

– выработка практических навыков аналитического и численного анализа процесса распространения оптического излучения в элементной базе волноводной фотоники, а также расчета основных характеристик этих устройств;

– получение глубоких знаний по оптической физике и оптической информатике, оптическому материаловедению, функциональным устройствам и системам фотоники.

1.3. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина ФТД.В.02 Волноводная фотоника для бакалавриата по направлению 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи (профиль: Оптические системы и сети связи) относится к вариативной части ФТД.В блока ФТД.Факультативы учебного плана.

Дисциплина опирается на знания, умения и компетенции, приобретенные при получении первой ступени высшего образования. Кроме того, дисциплина связана со следующими дисциплинами: «Методы моделирования и оптимизации», «Оптическое материаловедение», «Защита информации в связи».

В результате изучения настоящей дисциплины студенты должны получить знания, имеющие не только самостоятельное значение, но и обеспечивающие базовую подготовку для усвоения ряда последующих дисциплин, связанных с конкретными приложениями методов передачи, приема, обработки, отображения и хранения информации и относящихся к базовой и вариативной частям модуля Б1.

Программа дисциплины «Волноводная фотоника» согласуется со всеми учебными программами дисциплин базовой Б1.Б и вариативной Б1.В частей Блока Б1 дисциплины(модули) учебного плана.

1.4. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций: ПК-17, ПК-19.

№ п/п	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	**уметь**	**владеть**
1	ПК-17	способностью применять современные теоретические и экспериментальные методы исследования с целью создания новых перспективных средств электросвязи и информатики	– современные принципы построения и работы систем оптической передачи, обработки, хранения, отображения и защиты информации; – физические принципы и математические модели волноводной фотоники; – математический аппарат и базовые языки программирования, типовые программные продукты, ориентированные на решение научных и прикладных задач фотоники и оптоинформатики;	– применять на практике современные принципы и методы проектирования и расчета оптико-информационной техники; – самостоятельно выполнять расчеты характеристик элементной базы волноводной фотоники, интегрально-оптических и волоконно-оптических структур	– методами и навыками использования компьютерных систем проектирования и исследования лазерной, оптической, телекоммуникационной и вычислительной техники, оптических материалов и технологий; – практическими навыками аналитического и численного анализа процесса распространения оптического излучения в элементной базе волноводной фотоники, а также расчета основных характеристик этих устройств;
2	ПК-19	готовностью к организации работ по практическому использованию и внедрению результатов исследований	– принципы построения и работы систем оптической передачи, приема, обработки,	– решать практические задачи, связанные с проектированием и разработкой систем оптоэлек-	– общими правилами и методами наладки, настройки и эксплуатации

			хранения, отображения и защиты информации; – основные тенденции и направления развития лазерной, оптической, телекоммуникационной и вычислительной техники, оптического материаловедения, оптических и информационных технологий; – принципы построения, методы проектирования и расчета оптико-информационной техники.	троники и интегральной оптики.	устройств и систем фотоники и оптоинформатики. – навыками применения полученных теоретических знаний для решения конкретных прикладных задач. – практическими навыками аналитического и численного анализа процесса распространения оптического излучения в элементной базе волноводной фотоники, а также расчета основных характеристик этих устройств;

2. Структура и содержание дисциплины

2.1. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет _1_ зач. ед. (_36_ часов), их распределение по видам работ представлено в таблице *(для студентов ОФО).*

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры (часы)
		6
Контактная работа, в том числе:		
Аудиторные занятия (всего):	32,2	32,2
Занятия лекционного типа	16	16
Лабораторные занятия	–	–
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)	16	16
Иная контактная работа:		
Контроль самостоятельной работы (КСР)	–	–

Промежуточная аттестация (ИКР)		0,2	0,2
Самостоятельная работа, в том числе:			
Курсовая работа		–	–
Проработка учебного (теоретического) материала		–	–
Выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций)		3,8	3,8
Подготовка к текущему контролю			
Контроль:			
Подготовка к экзамену			
Общая трудоемкость	**час.**	**36**	**36**
	в том числе контактная работа	**32,2**	**32,2**
	зач. ед.	**1**	**1**

Контактная работа при проведении учебных занятий по дисциплине «Волноводная фотоника» включает в себя: занятия лекционного типа, групповые и индивидуальные консультации; промежуточная аттестация в устной форме.

2.2. Структура дисциплины

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.
Разделы (темы) дисциплины, изучаемые в _6_ семестре *(очная форма)*:

№ п/п	Наименование разделов (тем)	Количество часов					
		Всего	Аудиторная работа			КСР	Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛР		СРС
1	Элементная база волноводной фотоники. Интегрально-оптические волноводы	22	10	10			2
2	Элементная база волноводной фотоники. Оптические волокна	13,8	6	6			1,8
	Промежуточная аттестация (ИКР)	0,2					
	Итого по дисциплине:	**36**	**16**	**16**			**3,8**

Примечание: Л – лекции, ПЗ – практические занятия / семинары, ЛР – лабораторные занятия, СРС – самостоятельная работа студента, КСР – контроль самостоятельной работы, ИКР – промежуточная аттестация.

2.3. Содержание разделов (тем) дисциплины

2.3.1. Занятия лекционного типа

№ п/п	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
1	Элементная база волноводной фотоники. Интегрально-оптические волноводы	Классификация и общие свойства оптических волноводов. ТЕ- и ТМ-моды в асимметричном планарном оптическом волноводе. Эффективный показатель преломления волноводных мод, эффективная глубина градиентного волновода, поляризация мод. Волно-	ответы на контрольные вопросы; выполнение практических заданий

		водные моды планарных и канальных градиентных волноводов. Нормированные переменные. Метод эффективного показателя преломления. Пассивные и активные компоненты интегрально-оптических схем. Ввод-вывод излучения в интегрально-оптические схемы. Интегрально-оптические устройства и оптические интегральные схемы для систем передачи и обработки информации.	
2	Элементная база волноводной фотоники. Оптические волокна	Физические основы распространения излучения в оптических волноводах и оптическом волокне. Многомодовые и одномодовые, ступенчатые и градиентные оптические волокна. Числовая апертура. Информационная емкость оптического волокна. Виды дисперсии. Энергетические потери в оптических волокнах.	ответы на контрольные вопросы; выполнение практических заданий

2.3.2. Занятия семинарского типа

№ п/п	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
1	Элементная база волноводной фотоники. Интегрально-оптические волноводы	Классификация и общие свойства оптических волноводов. ТЕ- и ТМ-моды в асимметричном планарном оптическом волноводе. Эффективный показатель преломления волноводных мод, эффективная глубина градиентного волновода, поляризация мод. Волноводные моды планарных и канальных градиентных волноводов. Нормированные переменные. Метод эффективного показателя преломления. Пассивные и активные компоненты интегрально-оптических схем. Ввод-вывод излучения в интегрально-оптические схемы. Интегрально-оптические устройства и оптические интегральные схемы для систем передачи и обработки информации.	ответы на контрольные вопросы; выполнение практических заданий,тестирование
2	Элементная база волноводной фотоники. Оптические волокна	Физические основы распространения излучения в оптических волноводах и оптическом волокне. Многомодовые и одномодовые, ступенчатые и градиентные оптические волокна. Числовая апертура. Информационная емкость оптического волокна. Виды дисперсии. Энергетические потери в оптических волокнах.	ответы на контрольные вопросы; выполнение практических заданий,тестирование

2.3.3. Лабораторные занятия

Согласно учебному плану лабораторные занятия по учебной дисциплине ФТД.В.02 «Волноводная фотоника» не предусмотрены.

2.3.4. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Согласно учебному плану курсовые работы (проекты) по данной дисциплине не предусмотрены.

2.4. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

№ п/п	Вид СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	Проработка учебного (теоретического) материала);	Методические рекомендации по организации и выполнению самостоятельной работы студентов для бакалавров направления подготовки 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»» и магистров направления подготовки 11.04.02 « Инфо-коммуникационные технологии и системы связи»
2	выполнение индивидуальных заданий(подготовка сообщений, презентаций)	

№ п/п	Наименование раздела (темы)	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	Элементная база волноводной фотоники. Интегрально-оптические волноводы	1. Материалы и технологии интегральной и волоконной оптики [Электронный ресурс]: учеб. пособие / А.И. Игнатьев [и др.]. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 2009. – 78 с. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/43662 2. Панов М.Ф. Физические основы фотоники [Электронный ресурс] : учеб. пособие / М.Ф. Панов, А.В. Соломонов. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2017. – 564 с. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/92656 3. Прохоров В.П. Моделирование физико-технологических параметров оптических ионообменных волноводов / Прохоров В.П., Яковенко Н.А. – Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2014. 4. Салех Б., Тейх М. Оптика и фотоника. Принципы и применения. В 2 т. Пер с англ. В.Л.Дербова. – Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2012. 5. Сидоров А.И. Основы фотоники: физические принципы и методы преобразования оптических сигналов в устройствах фотоники [Электронный ресурс]: учеб. пособие – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 2014. – 148 с. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/70977 6. Барыбин А.А. Электродинамика волнове-
2	Элементная база волноводной фотоники. Оптические волокна	

		дущих структур. Теория возбуждения и связи волн [Электронный ресурс] – Электрон. дан. – Москва: Физматлит, 2007. – 512 с. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/2106 7. Игнатов, А.Н. Оптоэлектроника и нанофотоника: учеб. пособие [Электронный ресурс] – Электрон. дан. – СПб: Лань, 2017. – 596 с. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/95150 8. Ларкин А.И., Юу Ф.Т.С. Когерентная фотоника. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. 9. Панов М.Ф. Физические основы интегральной оптики. – М.: Академия, 2010. 10. Сидоров А.И. Материалы и технологии интегральной оптики. Учебное пособие, курс лекций [Электронный ресурс]: учеб. пособие / А.И. Сидоров, Н.В. Никоноров. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 2009. – 107 с. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/43788 11. Сидоров А.И. Материалы и технологии волоконной оптики: оптическое волокно для систем передачи информации [Электронный ресурс] / А.И. Сидоров, Н.В. Никоноров. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 2009. – 95 с. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/40804

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

– в печатной форме увеличенным шрифтом,

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

3. Образовательные технологии

В процессе преподавания дисциплины используются следующие методы:

– лекции;

– проведение практических занятий;

– опрос;

– тестирование;

–практические задания;

– консультации с преподавателем;

– самостоятельная работа студентов (изучение теоретического материала, работ и индивидуальных типовых расчетов, подготовка к опросу и зачету).

Для проведения всех лекционных и практических занятий используются мультимедийные средства воспроизведения активного содержимого, позволяющего слушателю воспринимать особенности изучаемого материала, зачастую играющие решающую роль в понимании и восприятии, а также формировании профессиональных компетенций. Интерактивные аудиторные занятия с использованием мультимедийных систем позволяют активно и эффективно вовлекать учащихся в учебный процесс и осуществлять обратную связь. Помимо этого, становится возможным эффективное обсуждение сложных и дискуссионных вопросов и проблем.

Проведение всех занятий предусмотрено в специализированном учебном «Мультимедийном классе специальных дисциплин», снабженном всем необходимым оборудованием, компьютерами и экспериментальными установками для эффективного выполнения соответствующих практических заданий.

По изучаемой дисциплине студентам предоставляется возможность открыто пользоваться (в том числе копировать на личные носители информации) подготовленными ведущим данную дисциплину преподавателем материалами в виде **электронного комплекса сопровождения**, включающего в себя:

– электронные конспекты лекций;

– электронные планы практических (семинарских) занятий;

– электронные варианты учебно-методическогих пособий для выполнения лабораторных заданий;

– списки контрольных вопросов к каждой теме изучаемого курса;

– разнообразную дополнительную литературу, относящуюся к изучаемой дисциплине в электронном виде (в различных текстовых форматах и графических форматах, а также в форматах *.pdf, *.djvu.

Сопровождение самостоятельной работы студентов также организовано в следующих формах:

– усвоение, дополнение и вникание в разбираемые разделы дисциплины при помощи знаний получаемых по средствам изучения рекомендуемой литературы и осуществляемое путем написания реферативных работ;

– консультации, организованные для разъяснения проблемных моментов при самостоятельном изучении тех или иных аспектов разделов усваиваемой информации в дисциплине.

Основные образовательные технологии, используемые в учебном процессе:

– интерактивная лекция с мультимедийной системой с активным вовлечением студентов в учебный процесс и обратной связью;

– лекции с проблемным изложением;

– обсуждение сложных и дискуссионных вопросов и проблем и разрешение проблем;

– компьютерные занятия в режимах взаимодействия «преподаватель – студент», «студент – преподаватель», «студент – студент»;

– технологии смешанного обучения: дистанционные задания и упражнения, составление глоссариев терминов и определений, групповые методы Wiki, интернет-тестирование и анкетирование.

Интерактивные образовательные технологии, используемые в аудиторных занятиях:

– технология развития критического мышления;

– лекции с проблемным изложением;

– использование средств мультимедиа;

– изучение и закрепление нового материала (интерактивная лекция, работа с наглядными пособиями, видео- и аудиоматериалами, использование вопросов, Сократический диалог);

– обсуждение сложных и дискуссионных вопросов и проблем («Займи позицию (шка-

ла мнений)», проективные техники, «Один – вдвоем – все вместе», «Смени позицию», «Дискуссия в стиле телевизионного ток-шоу», дебаты, симпозиум);

– разрешение проблем («Дерево решений», «Мозговой штурм», «Анализ казусов»);

– творческие задания;

– работа в малых группах;

– использование средств мультимедиа (компьютерные классы);

– технология компьютерного моделирования численных расчетов в инженерно-математической системе MATHCAD (или системе компьютерной математики MATLAB).

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

Занятия, проводимые с использованием интерактивных технологий

Семестр	Вид занятия(Л, ПЗ)	Используемые интерактивные образовательные технологии	Количество часов
6	Л	Интерактивная лекция с мультимедийной системой	16
6	ПЗ	Индивидуальное выполнение практических заданий	16
Итого:			32

Примечание: Л – лекции, ПЗ – практические занятия / семинары.

4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

4.1. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля

Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля содержит:

– контрольные вопросы по учебной программе;

– практические задания по учебной программе;

– тестовые задания по учебной программе.

Контрольные вопросы по учебной программе

В процессе подготовки и ответам на контрольные вопросы формируются и оцениваются все требуемые ФГОС ВО и ООП для направления 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи (профиль: Оптические системы и сети связи) компетенции: ПК-17, ПК-19.

Ниже приводятся примеры контрольных вопросов для рабочей программы.

Полный комплект контрольных вопросов для всех разделов рабочей программы приводится в ФОС дисциплины ФТД.В.02 «Волноводная фотоника».

Раздел 1.

1. Какие типы оптических волноводов используются в интегрально-оптических устройствах?

2. По каким параметрам классифицируются оптические волноводы?

3. Какие законы оптики приводят к волноводному распространению электромагнитных волн?

4. Какие требования предъявляются к материалам интегральной оптики? Перечислите виды материалов, используемых в интегральной оптике.

5. Какие технологии используются для изготовления устройств интегральной оптики?

6. От чего зависит распределение поля в волноводной моде?

7. Какие типы мод бывают в волноводах?

8. Чем определяется количество мод волновода?

9. Где используются оптические волноводы прямоугольного и круглого сечения?

10. Каким образом можно сформировать профиль показателя преломления планарного волновода?

11. Перечислите основные методы получения волноводов и их особенности.

12. В чем заключается принцип ионного обмена? Перечислите основные преимущества метода ионного обмена.

13. ТЕ- и ТМ-моды в асимметричном планарном оптическом волноводе.

14. Эффективный показатель преломления волноводных мод.

15. Эффективная глубина оптического волновода с градиентным профилем показателя преломления.

16. Поляризация волноводных мод.

17. Волноводные моды планарных градиентных волноводов.

18. Волноводные моды канальных градиентных волноводов.

19. Нормированные переменные.

20. Метод эффективного показателя преломления.

21. Пассивные и активные компоненты интегрально-оптических схем.

22. Ввод-вывод излучения в интегрально-оптические схемы.

23. Интегрально-оптические устройства и оптические интегральные схемы для систем передачи и обработки информации.

Раздел 2.

1. Какие волокна называются ступенчатыми и градиентными?

2. Что такое числовая апертура для ступенчатого волокна? Выведите формулу для ее расчета.

3. Как определяется числовая апертура для градиентного волокна? Что такое локальная числовая апертура?

4. От чего зависит мощность излучения, вводимая в волокно? Как можно увеличить эту мощность? Почему такое увеличение мощности нецелесообразно?

5. Опишите вид траектории при распространении лучей в ступенчатом волокне и в градиентном волокне (для случая, когда применима лучевая трактовка).

6. К чему приводит увеличение разности показателей преломления $n_{\text{серд}} - n_{\text{об}}$? Почему изготавливают волокна с очень малыми значениями разности показателей преломления $n_{\text{серд}} - n_{\text{об}}$?

7. Влияют ли параметры затухающей волны, существующей в оболочке, на волну в сердцевине волокна?

8. Опишите вид волны в сердцевине, определяемой функцией Бесселя? Как можно охарактеризовать волну в оболочке?

9. При каком условии в оптическом волокне будет распространяться только одна мода?

10. Как можно рассчитать количество мод, распространяющихся в ступенчатом и градиентном волокне при больших значениях нормированной частоты V?

11. Что такое межмодовая дисперсия? В каких единицах измеряется межмодовая дисперсия?

12. Выведите формулу для расчета межмодовой дисперсии в ступенчатом волокне. Чему равна межмодовая дисперсия в градиентном волокне для меридиональных лучей?

13. Что такое материальная дисперсия? В каких единицах измеряется материальная дисперсия?

14. Что такое хроматическая дисперсия?

15. Что такое ПМД (поляризационная модовая дисперсия)? В каких единицах измеря-

ется поляризационная модовая дисперсия? Можно ли скомпенсировать ПМД?

16. Как учесть совместное влияние различных видов дисперсии?

17. Как зависит диэлектрическая проницаемость среды от частоты? Какие частоты называются резонансными? Как их определить по графику зависимости диэлектрической проницаемости среды от частоты?

18. Что такое ширина спектра источника излучения?

19. Каковы виды потерь в оптическом волокне? Чем определяются потери в длинноволновой области? Какие примеси приводят с увеличению потерь вблизи длины волны 1480 нм?

20. Чем определяются кабельные потери?

21. Что такое длина отсечки волокна?

Перечень компетенций (части компетенций), проверяемых оценочным средством:

ПК-17 - способностью применять современные теоретические и экспериментальные методы исследования с целью создания новых перспективных средств электросвязи и информатики: знать современные принципы построения и работы систем оптической передачи, обработки, хранения, отображения и защиты информации; физические принципы и математические модели волноводной фотоники; математический аппарат и базовые языки программирования, типовые программные продукты, ориентированные на решение научных и прикладных задач фотоники и оптоинформатики.

Критерии оценивания ответов студентов:

С целью контроля и подготовки студентов к изучению новой темы вначале каждой практического занятия преподавателем проводится индивидуальный или фронтальный устный (письменный) опрос по выполненным заданиям предыдущей темы. Критерии оценки: – правильность ответа по содержанию задания (учитывается количество и характер ошибок при ответе):

– полнота и глубина ответа (учитывается количество усвоенных фактов, понятий и т.п.);

– сознательность ответа (учитывается понимание излагаемого материала);

– логика изложения материала (учитывается умение строить целостный, последовательный рассказ, грамотно пользоваться специальной терминологией);

– своевременность и эффективность использования наглядных пособий и технических средств при ответе (учитывается грамотно и с пользой применять наглядность и демонстрационный опыт при устном ответе);

– использование дополнительного материала (обязательное условие);

– рациональность использования времени, отведенного на задание (не одобряется затянутость выполнения задания, устного ответа во времени, с учетом индивидуальных особенностей студентов).

Практические задания по учебной программе

В процессе подготовки и выполнения практических заданий формируются и оцениваются все требуемые ФГОС ВО и ООП для направления 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи (профиль: Оптические системы и сети связи) компетенции: ПК-17, ПК-19.

Ниже приводятся примеры практических заданий для рабочей программы.

Полный комплект практических заданий для всех разделов рабочей программы приводится в ФОС дисциплины ФТД.В.02 «Волноводная фотоника».

Раздел 2.

1. Вычислите значения числовой апертуры NA и максимального угла ввода излучения в волокно θ_{max} для ступенчатого волокна с параметрами а) $n_{серд} = 1{,}483$, $n_{об} = 1.479$; б) $n_{серд} = 1{,}483$, $n_{об} = 1.460$. Сделайте обобщающие выводы.

2. Определите число мод, которое будет распространяться в градиентном волокне с диаметром сердцевины 50 мкм и диаметром оболочки 125 мкм на длине волны 1310 нм. Показатель преломления сердцевины 1,490, показатель преломления оболочки 1,485.

3. Имеется ступенчатое волокно с показателем преломления сердцевины 1,46; $\Delta = 0{,}27\%$. Найти диаметр сердцевины волокна, в котором будет распространяться только одна мода на длине волны 1550 нм.

4. Рассчитайте межмодовую дисперсию для ступенчатого волокна с параметрами а) $n_{серд} = 1{,}483$, $n_{об} = 1.479$; б) $n_{серд} = 1{,}483$, $n_{об} = 1.460$. Ответ выразите в нс/км. Сделайте вывод: как изменяется величина межмодовой дисперсии при увеличении числовой апертуры.

5. Оценить расстояние L_0, при котором хроматическая и поляризационная модовая дисперсия сравниваются по величине, если коэффициент хроматической дисперсии $D = 2$ пс/(нм·км), коэффициент поляризационной модовой дисперсии $D_{pmd} = 0{,}5$ пс/км$^{1/2}$, а ширина спектрального излучения $\Delta\lambda = 0{,}05$ нм.

7. Эффективность преобразования внешней (электрической) мощности планарного GaAs светодиода равна $h = 1{,}5\%$ при прямом токе $I = 50$ мА и разности потенциалов $U = 2$ В. Оценить генерируемую прибором оптическую мощность P_i, если коэффициент отражения R на границе GaAs – воздух равен $R = 0{,}8$. Коэффициент преломления GaAs $n = 3{,}6$.

8. Оценить эффективность преобразования внешней мощности планарного GaAs светодиода η, когда внутренняя оптическая мощность P_i составляет 30% от приложенной электрической мощности. Коэффициент преломления GaAs $n = 3{,}6$.

9. Сравните числовые апертуры волокна со ступенчатым профилем показателя преломления с $n_1 = 1{,}45$ и $\Delta = 0{,}01$ и градиентного волокна с $n_1 = 1{,}45$, $\Delta = 0{,}01$ и параболическим профилем показателя преломления ($p = 2$).

10. Волокно со ступенчатым профилем показателя преломления имеет радиус $a = 5$ мкм, показатель преломления сердцевины $n_1 = 1{,}45$ и относительную разность показателей преломления $\Delta = 0{,}002$. Определите наименьшую длину волны λ_c, при которой волокно является одномодовым. На длине волны $\lambda_c/2$ определите индексы (l, m) всех направляемых мод.

11. Волокно со ступенчатым профилем показателя преломления имеет числовую апертуру NA = 0,16, радиус сердцевины $a = 45$ мкм и показатель преломления сердцевины $n_1 = 1{,}45$. На используемой длине волны $\lambda_0 = 1{,}3$ мкм дисперсия материала пренебрежимо мала. Очень короткий импульс входит в волокно при $t = 0$ и проходит расстояние 1 км. Нарисуйте форму принимаемого импульса:

а) используя лучевую оптику и рассматривая только меридиональные лучи;

б) используя волновую оптику и рассматривая только меридиональные ($l = 0$) моды.

12. Волокно со ступенчатым профилем показателя преломления радиуса $a = 20$ мкм с показателями преломления $n_1 = 1{,}47$ и $n_{21} = 1{,}46$ работает на длине волны $\lambda_0 = 1{,}55$ мкм. Применяя теорию квазиплоских волн и рассматривая только направляемые моды с азимутальным индексом $l = 1$:

а) определите наименьшую и наибольшую постоянные распространения;

б) для моды с наименьшей постоянной распространения определите внешний и внутренний радиусы цилиндрического слоя, в котором заключена волна, а также компоненты волнового вектора $\boldsymbol{k}$ при $r = 5$ мкм.

13. Проведите те же самые расчеты, что и в предыдущей задаче, но для градиентного волокна с параболическим профилем показателя преломления ($p = 2$).

14. На длине волны $\lambda_0 = 820$ нм потери из-за поглощения в волокне составляют 0,25 дБ/км, а потери из-за рассеяния – 2,25 дБ/км. На длине волны $\lambda_0 = 600$ нм калориметрические измерения нагрева волокна из-за поглощения света дают потери 2 дБ/км. Найдите полный

коэффициент затухания на $\lambda_0 = 600$ нм.

15. Определите радиус сердцевины многомодового волокна со ступенчатым профилем показателя преломления, имеющего числовую апертуру NA = 0,1, если на длине волны $\lambda_0 = 0{,}87$ мкм число мод составляет $M = 5000$. При показателе преломления сердцевины $n_1 = 1{,}445$, групповом показателе преломления $N_1 = 1{,}456$ и Δ, приблизительно не зависящем от длины волны, определите время отклика из-за модовой дисперсии σ_τ для волокна длиной 2 км.

16. Рассмотрим градиентное волокно с $a/\lambda_0 = 10$; $n_1 = 1{,}45$; $\Delta = 0{,}01$ и степенным профилем с показателем p. Определите число мод M и скорость расплывания импульса из-за модовой дисперсии σ_τ/L при $p = 1{,}9$; 2; 2,1 и ∞.

Перечень компетенций (части компетенций), проверяемых оценочным средством:

ПК-19 готовностью к организации работ по практическому использованию и внедрению результатов исследований: знать принципы построения и работы систем оптической передачи, приема, обработки, хранения, отображения и защиты информации; основные тенденции и направления развития лазерной, оптической, телекоммуникационной и вычислительной техники, оптического материаловедения, оптических и информационных технологий; принципы построения, методы проектирования и расчета оптико-информационной техники.

Критерий оценки решения практических заданий по учебной программе:

Оценка «отлично» - студент ясно изложил условие задачи, решение обосновал точной ссылкой на изученный материал. Оценка «хорошо» - студент ясно изложил условие задачи, но в обосновании решения имеются сомнения. Оценка «удовлетворительно» - студент изложил условие задачи, но решение обосновал формулировками при неполном использовании понятийного аппарата дисциплины. Оценка «неудовлетворительно» - студент не уяснил условия задачи, решение не обосновал.

Тестовые задания по учебной программе

Тестовые задания состоит из 6–12 теоретических вопросов по тематическим разделам рабочей программы учебной дисциплины. Во всех вопросах каждого теста предполагается выбор одного из 4-х возможных ответов.

Ниже приводится пример контрольного тестирования в виде полного варианта одного из тестовых заданий.

Полный комплект тестовых заданий для всех разделов рабочей программы приводится в ФОС дисциплины ФТД.В.02 «Волноводная фотоника».

Тест № 2. Волоконная оптика как коммуникационная среда

1. Перечислите основные компоненты волоконно-оптической системы.
1) Волоконно-оптический кабель, источник, детектор, соединители.
2) Источник, коаксиальный кабель, детектор, соединители.
3) Волоконно-оптический кабель, повторитель, соединители.
4) Волоконно-оптический кабель, источник, соединители.

2. По мере увеличения частоты сигнала потери в медном / оптическом кабеле...
1) Уменьшаются / не изменяются.

2) Уменьшаются / увеличиваются.
3) Увеличиваются / не изменяются.
4) Без изменений / уменьшаются.

3. Что из ниже перечисленного является наиболее важным следствием широкой полосы пропускания оптического волокна?
1) Высокая скорость и информационная емкость линий.
2) Меньшее число повторителей.
3) Невосприимчивость по отношению к электромагнитным полям.
4) Все выше перечисленное.

4. Перечислите наиболее важные преимущества оптики как коммуникационной среды.
1) Широкая полоса пропускания, нечувствительность к электромагнитным помехам, низкие потери.
2) Малый вес, малый размер.
3) Безопасность, секретность.
4) Все выше перечисленные.

5. По мере распространения сигнала в оптическом кабеле затухание…
1) Не зависит от частоты и остается постоянным в определенном диапазоне частот.
2) Зависит от частоты и остается постоянным в определенном диапазоне частот.
3) Не зависит от частоты и изменяется в диапазоне частот.
4) Зависит от частоты и изменяется в диапазоне частот.

6. Как называется волокно с переменным показателем преломления луча?
1) Волокно со ступенчатым индексом.
2) Многомодовое волокно.
3) Волокно со сглаженным индексом.
4) Волокно со смещенной дисперсией.

7. Модовая дисперсия может быть уменьшена с помощью…
1) Использованием ядра с меньшим диаметром.
2) Использованием волокна со сглаженным индексом.
3) Использованием одномодового волокна.
4) Всех упомянутых выше способов.

8. При уменьшении диаметра ядра в оптоволокне широта пропускания / потери…
1) Уменьшаются / уменьшаются.
2) Увеличиваются / уменьшаются.
3) Увеличиваются / увеличиваются.
4) Без изменений / увеличиваются.

9. Что определяет затухание в оптоволокне?
1) Рассеяние.
2) Поглощение.
3) Потери на стыках и изгибах.
4) Все выше перечисленные.

10. Какое главное требование при вытяжке оптоволокна?
1) Недопустимость образование микротрещин;
2) Достаточная механическая прочность;
3) Однородность диаметра волокна;

4) Все перечисленные.

Перечень компетенций (части компетенций), проверяемых оценочным средством:

ПК-17 - способностью применять современные теоретические и экспериментальные методы исследования с целью создания новых перспективных средств электросвязи и информатики: уметь применять на практике современные принципы и методы проектирования и расчета оптико-информационной техники; самостоятельно выполнять расчеты характеристик элементной базы волноводной фотоники, интегрально-оптических и волоконно-оптических структур.

Система оценок выполнения контрольного тестирования:
– «отлично» – количество правильных ответов от 85% до 100%;
– «хорошо» – количество правильных ответов от 70% до 84%;
– «удовлетворительно» – количество правильных ответов от 55% до 69%.

4.2. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

4.2.1. Вопросы, выносимые на зачет по дисциплине «Волноводная фотоника» для направления подготовки: 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

1. Классификация и общие свойства оптических волноводов. Лучевое и модовое описание. Поляризация волноводных мод в планарном ступенчатом волноводе.
2. Геометрическая оптика планарных ступенчатых волноводов. Волноводные моды и характеристическое уравнение для обычных и нормированных переменных.
3. Электромагнитная теория планарных ступенчатых волноводов. Поперечные электрические и магнитные волноводные моды.
4. Эффективный показатель преломления волноводных мод, эффективная глубина градиентного волновода, поляризация мод.
5. Волноводные моды планарных градиентных волноводов. Нормированные переменные.
6. Приближенные методы расчета планарных градиентных волноводов. Нормированные кривые и условия одномодовости.
7. Приближенные методы расчета канальных градиентных волноводов. Метод эффективного показателя преломления.
8. Использование нормированных дисперсионных кривых для анализа свойств и выбора параметров канальных градиентных волноводов.
9. Канальные градиентные волноводы с одномерной и двумерной диффузией.
10. Пассивные и активные компоненты интегрально-оптических схем.
11. Элементная база интегрально-оптических схем. Методы расчета вносимых потерь в пассивных волноводных элементах.
12. Ввод-вывод излучения в интегрально-оптические схемы.
13. Интегрально-оптические устройства и оптические интегральные схемы для систем передачи и обработки информации.
14. Принцип направленной связи. Волноводные направленные ответвители мощности на основе канальных градиентных волноводов.
15. Разветвления трехмерных оптических волноводов. Двухканальные делители мощности на основе канальных градиентных волноводов.
16. Элементы изгиба канальных градиентных волноводов. Расчет излучательных потерь на волноводных изгибах.
17. Методы расчета вносимых потерь и эффективности передачи мощности в волно-

водных пересечениях X- и Y-типов.

18. Физические основы распространения излучения в оптических волноводах и оптическом волокне.

19. Многомодовые и одномодовые оптические волокна. Ступенчатые и градиентные волокна. Числовая апертура.

20. Волноводные моды и их характеристики в оптическом волокне со ступенчатым профилем.

21. Волноводные моды и их характеристики в оптическом волокне с градиентным профилем.

22. Информационная емкость оптического волокна. Виды дисперсии.

23. Затухание в оптических волокнах (коэффициент затухания, поглощение, рассеяние, примесные эффекты).

24. Дисперсия в оптических волокнах (модовая, материальная, волноводная, поляризационно-модовая, нелинейная).

25. Энергетические потери в оптических волокнах.

26. Методы голографии в задачах обработки информации.

27. Пределы кремниевой технологии и электронной компьютерной техники. Возможности и перспективы развития оптоинформационных технологий.

28. Бистабильные оптические и оптоэлектронные элементы.

29. Фотонно-кристаллические структуры и их применение в оптоинформатике.

30. Современное состояние и перспективы развития фотоники и оптоинформатики.

Перечень компетенций (части компетенций), проверяемых оценочным средством:

ПК-17 - способностью применять современные теоретические и экспериментальные методы исследования с целью создания новых перспективных средств электросвязи и информатики: знать современные принципы построения и работы систем оптической передачи, обработки, хранения, отображения и защиты информации; физические принципы и математические модели волноводной фотоники; математический аппарат и базовые языки программирования, типовые программные продукты, ориентированные на решение научных и прикладных задач фотоники и оптоинформатики; уметь применять на практике современные принципы и методы проектирования и расчета оптико-информационной техники; самостоятельно выполнять расчеты характеристик элементной базы волноводной фотоники, интегрально-оптических и волоконно-оптических структур; владеть методами и навыками использования компьютерных систем проектирования и исследования лазерной, оптической, телекоммуникационной и вычислительной техники, оптических материалов и технологий; практическими навыками аналитического и численного анализа процесса распространения оптического излучения в элементной базе волноводной фотоники, а также расчета основных характеристик этих устройств. ПК-19 готовностью к организации работ по практическому использованию и внедрению результатов исследований: знать принципы построения и работы систем оптической передачи, приема, обработки, хранения, отображения и защиты информации; основные тенденции и направления развития лазерной, оптической, телекоммуникационной и вычислительной техники, оптического материаловедения, оптических и информационных технологий; принципы построения, методы проектирования и расчета оптико-информационной техники; уметь решать практические задачи, связанные с проектированием и разработкой систем оптоэлектроники и интегральной оптики; владеть общими правилами и методами наладки, настройки и эксплуатации устройств и систем фотоники и оптоинформатики. навыками применения полученных теоретических знаний для решения конкретных прикладных задач. практическими навыками аналитического и численного анализа процесса распространения оптического излучения в элементной базе волноводной фотоники, а также расчета основных характеристик этих устройств. \

Критерий оценки зачета:

Оценки **«зачет»** заслуживает обучающийся, который, как минимум, показал знания основного учебного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющийся с выполнением практических заданий, предусмотренных программой, знакомых с основной литературой, рекомендованной программой. Оценка **"зачет"** выставляется обучающимся, допустившим погрешности в ответе на зачете и при выполнении практических заданий выносимых на зачет, но обладающим необходимыми знаниями и умениями для их устранения при корректировке со стороны преподавателя.

Оценка **"не зачтено"** выставляется обучающемуся, обнаружившему существенные пробелы в знаниях основного программного материала по дисциплине, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой практических заданий (отсутствие знаний значительной части программного материала; непонимание основного содержания теоретического материала; неспособность ответить на уточняющие вопросы; неумение применять теоретические знания при решении практических задач допустившему принципиальные ошибки, которые не позволяют ему продолжить обучение или приступить к практической профессиональной деятельности по окончании образовательного учреждения без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине).

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

– в печатной форме увеличенным шрифтом,

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

5.1. Основная литература:

1. Материалы и технологии интегральной и волоконной оптики [Электронный ресурс]: учеб. пособие / А.И. Игнатьев [и др.]. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 2009. – 78 с. – Режим доступа:
https://e.lanbook.com/book/43662

2. Панов М.Ф. Физические основы фотоники [Электронный ресурс] : учеб. пособие / М.Ф. Панов, А.В. Соломонов. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2017. – 564 с. – Режим доступа:
https://e.lanbook.com/book/92656
3. Салех Б., Тейх М. Оптика и фотоника. Принципы и применения. В 2 т. Пер с англ. В.Л.Дербова. – Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2012.
4. Сидоров А.И. Основы фотоники: физические принципы и методы преобразования оптических сигналов в устройствах фотоники [Электронный ресурс]: учеб. пособие – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 2014. – 148 с. – Режим доступа:
https://e.lanbook.com/book/70977

Для освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья имеются издания в электронном виде в электронно-библиотечных системах «Лань» и «Юрайт».

5.2. Дополнительная литература:

1. Прохоров В.П. Моделирование физико-технологических параметров оптических ионообменных волноводов / Прохоров В.П., Яковенко Н.А. – Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2014.
2. Барыбин А.А. Электродинамика волноведущих структур. Теория возбуждения и связи волн [Электронный ресурс] – Электрон. дан. – Москва: Физматлит, 2007. – 512 с. – Режим доступа:
https://e.lanbook.com/book/2106
3. Игнатов, А.Н. Оптоэлектроника и нанофотоника: учеб. пособие [Электронный ресурс] – Электрон. дан. – СПб: Лань, 2017. – 596 с. – Режим доступа:
https://e.lanbook.com/book/95150
4. Ларкин А.И., Юу Ф.Т.С. Когерентная фотоника. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009.
5. Панов М.Ф. Физические основы интегральной оптики. – М.: Академия, 2010.
6. Сидоров А.И. Материалы и технологии интегральной оптики. Учебное пособие, курс лекций [Электронный ресурс]: учеб. пособие / А.И. Сидоров, Н.В. Никоноров. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 2009. – 107 с. – Режим доступа:
https://e.lanbook.com/book/43788
7. Сидоров А.И. Материалы и технологии волоконной оптики: оптическое волокно для систем передачи информации [Электронный ресурс] / А.И. Сидоров, Н.В. Никоноров. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 2009. – 95 с. – Режим доступа:
https://e.lanbook.com/book/40804

5.3. Периодические издания:

Автометрия
Вестник связи
Квантовая электроника
Оптический журнал
Радиотехника
Радиотехника и электроника
Инженерная физика
Сети и системы связи
Технологии и средства связи
Труды ин-та инж. по электрон. и радиоэлектронике (ТИИЭР)
Фотоника

Фотон-экспресс
Электромагнитные волны и электронные системы
Сводный реферативный журнал «Связь»
РЖ «Радиотехника»
РЖ «Электроника
РЖ «Физика»
Журнал технической физики
Зарубежная радиоэлектроника
Телекоммуникации

6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. Электронная библиотека ЮРАЙТ: www.biblio-online.ru
2. Электронно-библиотечная система ЛАНЬ: https://e.lanbook.com
3. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»: http://window.edu.ru/window
4. Библиотека электронных учебников: http://www.book-ua.org/
5. Аннотированный тематический каталог Интернет ресурсов по физике: http://www.college.ru/
6. Федеральный образовательный портал: http://www.edu.ru/db/portal/sites/res_page.htm
7. Каталог научных ресурсов: http://www.scintific.narod.ru/literature.htm
8. Большая научная библиотека: http://www.sci-lib.com/
9. Естественно-научный образовательный портал: http://www.en.edu.ru/catalogue/
10. Учебно-образовательная физико-математическая библиотека сайта EqWorld: http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/physics/
11. Техническая библиотека: http://techlibrary.ru/
12. Encyclopedia of Fibre Optics (Энциклопедия волоконной оптики) http://www.its.bldrdoc.gov/fs-1037/dir-025/_3720.htm
13. Введение в технику волоконно-оптических сетей http://www.citforum.ru/nets/optic/optic1.shtml
14. Оптоволоконная технология http://astu.secna.ru/russian/students/personal/41nav/index.html
15. Оптическая линия связи http://www.jinr.ru/~jinrmag/win/2000/5/optic5.htm
16. Квантовая оптика и нанооптика: http://esonn.fr/0oldweb/esonn2010/xlectures/ESONN2010_NanoOptics_Lecture_BARTH.pdf

7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Лекция является одной из форм изучения теоретического материала по дисциплине. В ходе лекционного курса проводится изложение современных научных подходов и теорий. В тетради для конспектирования лекций необходимо иметь поля, где по ходу конспектирования делаются необходимые пометки. Записи должны быть избирательными, полностью следует записывать только определения. В конспекте применяют сокращение слов, что ускоряет запись. Вопросы, возникающие в ходе лекции, рекомендуется записывать на полях и после

окончания лекции обратиться за разъяснением к преподавателю. Необходимо активно работать с конспектом лекции: после окончания лекции рекомендуется перечитать свои записи, внести поправки и дополнения.

Одним из основных видов деятельности студента является самостоятельная работа, которая включает в себя изучение лекционного материала, учебников и учебных пособий, работ и оформлению технических отчётов по ним, а так же подготовки к практическим занятиям изучением краткой теории в задачниках и решении домашних заданий.

Сопровождение самостоятельной работы студентов может быть организовано в следующих формах:

– составлением индивидуальных планов самостоятельной работы каждого из студентов с указанием темы и видов занятий, форм и сроков представления результатов;

– проведением консультаций (индивидуальных или групповых), в том числе с применением дистанционной среды обучения.

Критерий оценки эффективности самостоятельной работы студентов формируется в ходе промежуточного контроля процесса выполнения заданий и осуществляется на основе различных способов взаимодействия в открытой информационной среде и отражается в процессе формирования так называемого «электронного портфеля студента».

В соответствии с этим при проведении оперативного контроля могут использоваться контрольные вопросы к соответствующим разделам основной дисциплины «Волноводная фотоника».

Контроль осуществляется посредством тестирования студентов по окончании изучения тем учебной дисциплины и результатами ответов на соответствующие контрольные вопросы.

Сопровождение самостоятельной работы студентов также организовано в следующих формах:

– усвоение, дополнение и вникание в разбираемые разделы дисциплины при помощи знаний получаемых по средствам изучения рекомендуемой литературы и осуществляемое путем написания конспектов;

– консультации, организованные для разъяснения проблемных моментов при самостоятельном изучении тех или иных аспектов разделов усваиваемой информации в дисциплине.

К средствам обеспечения освоения дисциплины «Волноводная фотоника» также относится электронный вариант учебного пособия по данной дисциплине, включающий в себя:

– лекционный курс дисциплины «Волноводная фотоника»;

– контрольные вопросы по каждому разделу учебной дисциплины;

– список задач по каждому разделу учебной дисциплины.

К средствам обеспечения освоения дисциплины «Волноводная фотоника» также относятся электронные варианты дополнительных учебных, научно-популярных и научных изданий по данной дисциплине.

Рекомендуется следующий график и календарный план самостоятельной работы студентов по учебным неделям (6 недель):

Типовые задания для самостоятельной работы студентов

№ темы	Тема или задание текущей работы	Кол-во часов	Форма представления результатов	Сроки выполнения (недели)
1	Элементная база волноводной фотоники. Интегрально-оптические волноводы	2	Устный ответ. Текстовый документ. Реферат.	3

2	Элементная база волноводной фотоники. Оптические волокна	1,8	Устный ответ. Текстовый документ. Реферат.	3
Итого:		3,8		6

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету (в том числе через email, Skype или viber) являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

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

8.1. Перечень информационных технологий

– Консультирование посредством электронной почты.

8.2. Перечень необходимого программного обеспечения

№ договора	Перечень лицензионного программного обеспечения
Контракт №115-ОАЭФ/2013 от 05.08.2013	Продление программной поддержки и приобретение прав пользования прикладным программным обеспечением
	MathWorks MATLAB
	PTC MATHCAD University Classroom Perpetual – Floating Maintenance Gold
Контракт №127-АЭФ/2014 от 29.07.2014	Предоставление бессрочных прав пользования программным обеспечением, возможность загрузки лицензионного программного обеспечения через Интернет:
	Mathworks MATLAB Wavelet Toolbox
	Mathworks Simulink, Signal Processing Toolbox
	Mathworks Fuzzy Logic Toolbox Neural Network Toolbox Optimization Toolbox Statistics Toolbox Partial Differential Equation Toolbox DSP System Toolbox Communications System Toolbox Financial Toolbox Econometrics Toolbox

8.3. Перечень информационных справочных систем

1. Электронная библиотека ЮРАЙТ:
www.biblio-online.ru

2. Электронно-библиотечная система ЛАНЬ:
https://e.lanbook.com
3. Электронная библиотечная система eLIBRARY.RU:
http://www.elibrary.ru
4. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»:
http://window.edu.ru/window
5. Рубрикон – крупнейший энциклопедический ресурс Интернета:
http://www.rubricon.com/
6. Аннотированный тематический каталог Интернет ресурсов по физике:
http://www.college.ru/
7. Каталог научных ресурсов:
http://www.scintific.narod.ru/literature.htm
8. Большая научная библиотека:
http://www.sci-lib.com/
9. Естественно-научный образовательный портал:
http://www.en.edu.ru/catalogue/
10. Техническая библиотека:
http://techlibrary.ru/
11. Физическая энциклопедия:
http://www.femto.com.ua/articles/
12. Академик – Словари и энциклопедии на Академике:
http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_physics/

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

Успешная реализация преподавания дисциплины «Волноводная фотоника» предполагает наличие минимально необходимого для реализации магистерской программы перечня материально-технического обеспечения:

– лекционные аудитории (оборудованные видеопроекционным оборудованием для презентаций, средствами звуковоспроизведения, экраном, и имеющие выход в Интернет);

– компьютерные классы для проведения практических занятий;

– дисплейный класс с персональными компьютерами для проведения практических групповых занятий;

– программы онлайнового контроля знаний студентов (в том числе программное обеспечение дистанционного обучения);

– наличие необходимого лицензионного программного обеспечения (операционная система MS Windows; интегрированное офисное приложение MS Office; система компьютерной математики MATHCAD с пакетами расширений; система компьютерной математики MATLAB + SIMULINK с необходимыми тулбоксами).

При использовании электронных изданий вуз должен обеспечить каждого обучающегося во время самостоятельной подготовки рабочим местом в компьютерном классе с выходом в Интернет в соответствии с объемом изучаемых дисциплин.

№ п/п	Вид работ	Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и оснащенность
1	Лекционные занятия	Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типов– ауд. 209 корп. С (ул. Ставропольская, 149)
2	Практические занятия	Учебные аудитории для проведения занятий семинарского типов, промежуточной аттестации – ауд. 209 корп. С (ул. Ставропольская, 149)

4	Курсовое проектирование	Учебные аудитории для проведения работ по курсовому проектированию – ауд. 202 корп. С (ул. Ставропольская, 149)
5	Групповые (индивидуальные) консультации	Учебные аудитории для проведения занятий семинарского типов, промежуточной аттестации – ауд. 209, 137 корп. С (ул. Ставропольская, 149)
6	Текущий контроль, промежуточная аттестация	Учебные аудитории для проведения занятий семинарского типов, промежуточной аттестации – ауд. 209 корп. С (ул. Ставропольская, 149)
7	Самостоятельная работа	Аудитория для самостоятельной работы – ауд. 208, корп. С (ул. Ставропольская, 149)