

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
 высшего профессионального образования
 «Казанский национальный исследовательский технический университет
 им. А.Н. Туполева-КАИ»
 (КНИТУ-КАИ)



УТВЕРЖДАЮ
 Проректор по НиИД

Михайлов С.А.
 2015
 м.п.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.ДВ.2. ВОЛОКОННАЯ ОПТИКА

Направление подготовки 12.06.01 - ФОТОНИКА, ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, ОПТИЧЕСКИЕ И БИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

Профиль (направленность) 05.11.07 – ОПТИЧЕСКИЕ И ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ И КОМПЛЕКСЫ

Квалификация выпускника Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения очная

Выпускающая кафедра ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ

Кафедра-разработчик рабочей программы Радиофотоники и микроволновых технологий


Год обучения	Трудоёмкость час.	Лекций, час.	Практич. занятий, час.	Лаборат. работ, час.	СРС, час.	Форма контроля (экз., час./зачет)
2	36	18			18	
3	72	18		18	36	Зачет
Итого	108	36		18	54	Зачет

Казань 2015

Программа разработана в соответствии с требованиями Федерального закона от 29.12.2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации», ФГОС ВО по направлению подготовки 12.06.01 – Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии, Положением «О порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ» (КНИТУ-КАИ) и учебного плана направления подготовки 12.06.01 – Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии, направленность (профиль) 05.11.07 – Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы.

Составитель рабочей программы:

докт.техн.наук, профессор



 (подпись)
 11.06.2015 г.

 (дата)


Морозов О.Г.

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры:

Радиофотоники и микроволновых технологий

Протокол № ___ от 17.2015 г.

зав. кафедрой-разработчика

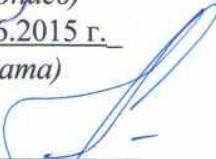


 (подпись)
 17.06.2015 г.

 (дата)

Морозов О.Г.

Декан факультета
 (на котором осуществляется обучение)



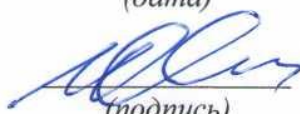
 (подпись)
 19.06.2015 г.

 (дата)

Надеев А.Ф.

СОГЛАСОВАНО:

Зав. выпускающей кафедрой



 (подпись)
 17.06.2015 г.

 (дата)

Раковец С.А.

1. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 1.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

Планируемые результаты освоения ОПОП (компетенции), достижение которых обеспечивает дисциплина		Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
Коды компетенции	Содержание компетенций	Знать: Уметь: Владеть:
ОПК-3	владение методикой разработки математических и физических моделей исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере	Знать: задачи моделирования процессов распространения излучения в оптических волокнах и элементов волоконной оптики с целью анализа и оптимизации их параметров Уметь: самостоятельно осуществлять моделирование процессов распространения излучения в оптических волокнах и элементов волоконной оптики с целью анализа и оптимизации их параметров Владеть: методами и средствами математического и компьютерного моделирования процессов распространения излучения в оптических волокнах и элементов волоконной оптики с целью анализа и оптимизации их параметров
ОПК-4	способность планировать и проводить эксперименты, обрабатывать и анализировать их результаты	Знать: приёмы, постановки целей и задач научных экспериментальных исследований; методики проведения экспериментальных исследований, обработки и анализа результатов Уметь: ставить цели и определять задачи при организации научного эксперимента; планировать проведение научных экспериментов; выбирать и составлять план эксперимента; использовать стандартные пакеты и средства автоматизированного проектирования при проведении эксперимента; анализировать результаты эксперимента, включая построение математических моделей объекта исследований, определение оптимальных условий, поиск экстремума функции; грамотно представлять результаты эксперимента Владеть: опытом организации и проведения экспериментальных исследований в области волоконной оптики (по теме диссертации); презентации результатов научного исследования и ведения научной дискуссии.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина Волоконная оптика относится к *вариативной* части (дисциплины по выбору) блока 1 учебного плана.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Структура дисциплины

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 2 зачетных единицы (ЗЕТ), 72 академических часа.

Таблица 2.

Объем дисциплины по видам учебных занятий

Вид учебной работы	Общая трудоемкость		Семестр : 4		Семестр : 5	
	в час	в ЗЕ	в час	в ЗЕ	в час	в ЗЕ
Общая трудоемкость дисциплины	108	3	36	1	72	2
Аудиторные занятия	54	1,5	18	0,5	36	1
Лекции	36	2	18	0,5	18	0,5
Практические (ПЗ)						
Лабораторные работы (ЛР)	18	0,5			18	0,5
Самостоятельная работа (всего)	54	1,5	18	0,5	36	1
В том числе:						
Проработка учебного материала	36	1	18	0,5	18	0,5
Подготовка реферата	18	0,5			18	0,5
Подготовка к промежуточной аттестации						
Вид аттестации			Зачет			

Распределение учебной нагрузки по разделам дисциплины

Таблица 3.

№ модуля образовательной программы	№ раздела	Наименование раздела дисциплины	Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, часы				
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа	Всего часов
1	1.1	Уравнения Максвелла и компоненты поля.	4			4	8
	1.2	Отражение и преломление электромагнитного поля на плоской границе двух сред.	4		4	4	12
	1.3	Распространение света в волоконных световодах.	4			4	8
	1.4	Потери в волоконных световодах.	4		4	4	12

2	2.1	Волоконные световоды. Модовая классификация.	4		4	8
	2.2	Анизотропные световоды. Активные волоконные световоды.	4	4	4	12
	2.3	Брэгговские и длинопериодные решетки в волоконных световодах.	4		4	8
	2.4	Нелинейные эффекты в волоконных световодах.	4	4	4	12
	2.5	Современные и перспективные волоконно-оптические приборы и комплексы.	4	2	4	10
ИТОГО:			36	18	36	90

3.2. Содержание дисциплины

Лекционный курс

Таблица 4.

№ лекции	Номер раздела	Тема лекции и перечень дидактических единиц	Трудоемкость, часов
1	1.1	Тема 1.1. Уравнения Максвелла и компоненты поля. Вывод соотношений между компонентами поля из уравнений Максвелла. Планарная геометрия. Цилиндрическая геометрия. Волновые уравнения для электромагнитных волн. Методы и средства моделирования.	4
2	1.2	Тема 1.2. Отражение и преломление электромагнитного поля на плоской границе двух сред. Преломление и отражение на плоской границе раздела сред, полное внутреннее отражение. Закон Снелля. Закон Френеля. Случай перпендикулярного падения волны. Угол Брюстера. Критический угол падения. Сдвиг Гуса-Генхена. Методы и средства моделирования.	4
3	1.3	Тема 1.3. Распространение света в волоконных световодах. Распространение света в световодах на основе лучевой модели. Ступенчатые световоды: числовая апертура межмодовая дисперсия. Распространение света и межмодовая дисперсия в градиентных световодах. Дисперсия материала. Передаточная характеристика световода. Методы и средства моделирования.	4
4	1.4	Тема 1.4. Потери в волоконных световодах. Адсорбционные потери, поглощение ОН групп, УФ и ИК поглощение. Рэлеевское рассеяние. Потери в световодах, связанные с нерегулярностью структуры. Прочие механизмы потерь. Предельно низкие потери в световодах на основе кварцевого стекла и на основе безкислородных стекол. Методы и средства моделирования.	4
5	2.1	Тема 2.1. Волоконные световоды. Модовая классификация. Одномодовые волоконные световоды. Слабо направляющие волокна. Длина волны отсечки. Хроматическая и внутримодовая дисперсия. Роль дисперсии. Световоды со смещенной дисперсией. Маломодовые волоконные световоды. Многомодовые волоконные световоды. Методы и средства моделирования.	4

6	2.2	Тема 2.2. Анизотропные и активные световоды. Анизотропные световоды. Методы создания анизотропных световодов. Световоды типа «галстук-бабочка». Световоды типа «Панда». Основные характеристики анизотропных световодов: длина волны биений. Активные волоконные световоды. Волоконные лазеры на основе световодов легированных эрбием, иттербием. Методы накачки. Волоконные ВКР лазеры и усилители. Методы и средства моделирования.	4
7	2.3	Тема 2.3. Брэгговские и длинопериодные решетки в волоконных световодах. Методы записи Брэгговских решеток и их характеристики. Методы записи длинопериодных решеток и их характеристики. Методы и средства моделирования. Полигармонические методы определения характеристик.	4
8	2.4	Тема 2.4. Нелинейные эффекты в волоконных световодах. Фазовая самомодуляция. Самосжатие оптических импульсов. Оптические солитоны. Нелинейное уравнение Шредингера. Вынужденное рассеяние Манделъштамма-Бриллюэна. Порог ВРМБ. Вынужденное комбинационное (Рамановское) рассеяние. Фазовая кросс-модуляция. Параметрические процессы. Четырехволновое смещение. Параметрическое усиление. Фазовый синхронизм в одномодовых световодах. Методы и средства моделирования.	4
9	2.5	Тема 2.5. Современные и перспективные волоконно-оптические приборы и комплексы. Системы оптической связи. Методы спектрального уплотнения (WDM). Сенсорные системы. Волоконно-оптические датчики структурного мониторинга. Методы управления лазерным излучением, приема и обработки информации в телекоммуникационных и сенсорных волоконно-оптических системах. Методы и средства моделирования.	4
Итого:			36

Лабораторные работы

Таблица 5.

№ занятия	Номер раздела	Наименование лабораторной работы и перечень дидактических единиц	Трудоемкость, часов
1	1.3-1.4	Распространение и потери света в волоконных световодах. Моделирование в среде OptiSystem. Физический эксперимент.	4
2	2.3	Методы записи и исследование характеристик Брэгговских решеток. Моделирование в среде OptiGrating. Физический эксперимент.	4
3	2.5	Оптические источники и приемники для волоконно-оптических приборов и комплексов. Моделирование в среде OptiSystem. Компьютерный эксперимент.	4
4	2.5	Методы управления лазерным излучением в волоконно-оптических приборах и комплексах. Моделирование в среде OptiSystem. Компьютерный эксперимент.	4
5	1.3-1.4, 2.3, 2.5	Итоговое занятие. Анализ физических и компьютерных экспериментов.	2
ИТОГО:			18

Самостоятельная работа аспиранта

Таблица 6.

Раздел дисциплины	№ п/п	Вид самостоятельной работы аспиранта и перечень дидактических единиц	Трудоемкость, часов
1.1-1.4, 2.1-2.5	1	Проработка конспекта лекций	15
	2	Работа с информационными ресурсами	8
	3	Изучение материала для самостоятельной проработки	7
	4	Выполнение заданий по предварительной подготовке к лабораторным работам	6
	5	Написание реферата по дисциплине	18
ВСЕГО ЧАСОВ:			54

4. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Самостоятельная работа аспиранта по курсу «Волоконная оптика» представляет собой

- углубленное изучение тем курса лекций;
- подготовку и выполнение предварительных заданий для лабораторных исследований;
- реферативный обзор вопросов, выносимых на самостоятельную проработку;
- написание реферата по конкретной проблеме волоконной оптики.

Для углубленного изучения тем курса рекомендуется воспользоваться конспектами лекций и учебниками, представленными в списке основной и дополнительной литературы, информационными ресурсами сети Интернет, он-лайн каталогам научной периодики. Для лучшего освоения материала аспирант имеет возможность проверить свои знания по вопросам для самопроверки, представленным в *Приложении № 4*. Ссылки на Интернет-доступ к предлагаемым текстам приведены в списке дополнительной литературы.

На самостоятельную проработку выносятся вопросы по каждой лекции по усмотрению преподавателя. Предварительные задания для выполнения лабораторных исследований указываются в методических указаниях к выполнению лабораторных работ. При этом подразумевается, что аспирант владеет программными пакетами и средами MatLab, MathCad, OptiSystem, OptiGrating, Simulink. В случае слабого уровня знаний по указанным программным пакетам и средам необходимо их освоить самостоятельно или под руководством преподавателя при имеющихся на кафедре учебным пособиям (например, Optiwave System Tutorial I, Optiwave System Tutorial II, OptiGrating. Get started и т.д.).

По рекомендации и под руководством преподавателя аспирант составляет реферативный обзор предложенных вопросов по литературе, имеющейся в свободном Интернет-доступе и на кафедре радиофотоники и микроволновых технологий:

1. **Морозов, О.Г.** Многочастотная рефлектометрия волоконно-оптических структур : [моногр.] / О.Г. Морозов. — Казань : Новое знание, 2010. — 176 с.: рис., табл.; 20 см. — Англ. — Библиогр. в конце тем. — 150 экз. — ISBN 978-5-89347-621-7.
2. **Morozov, Oleg.** Synthesis of Two-Frequency Symmetrical Radiation and Its Application in Fiber Optical Structures Monitoring [Текст] / Oleg Morozov, German Il'in, Gennady Morozov [et al.] // Fiber Optic Sensors, Dr Moh. Yasin (Ed.) — InTech, 2012. — 518 p.:ил.:26 cm. — Ch. 6. — P. 137— 165. — ISBN: 978-953-307-922-6.
3. **Морозов, О. Г.** Многочастотная рефлектометрия волоконно-оптических структур : [моногр.] / О.Г. Морозов. — 2-е изд., испр. и доп. — Казань : Новое знание, 2012. — 204 с.: рис., табл.; 20 см. — Англ. — Библиогр. в конце тем. — 150 экз. — ISBN 978-5-89347-671-2.

4. **Морозов, О. Г.** Нанофотоника и дифракционная оптика в телекоммуникациях : [уч. пособие] / О.Г. Морозов. — Казань : ЗАО «Новое знание», 2012. — 112 с.: рис., табл.; 20 см. — 500 экз. — ISBN 978-5-89347-685-9.
5. **Морозов, О. Г.** Маломодовая симметричная рефлектометрия волоконно-оптических структур : [моногр.] / О.Г. Морозов, Г.А. Морозов, В.Г. Куприянов, И.И. Нуреев, А.Р. Насыбуллин, П.Е. Денисенко. — Казань : ЗАО «Новое знание», 2013. — 160 с.: рис., табл.; 20 см. — 500 экз. — ISBN 978-5-89347-728-3.
6. **Морозов, О. Г.** Системы радиофотоники с амплитудно-фазовым модуляционным преобразованием оптической несущей : [моногр.] / О.Г. Морозов, Г.И. Ильин, Г.А. Морозов. — Казань : ЗАО «Новое знание», 2014. — 192 с.: рис., табл.; 20 см. — 500 экз. — ISBN 978-5-906668-40-0.
7. **Morozov, Oleg.** Poly-harmonic Analysis of Raman and Mandelstam-Brillouin Scatterings and Bragg Reflection Spectra [Текст] / Oleg Morozov, Gennady Morozov [et al.] // *Advances in Optical Fiber Technology: Fundamental Optical Phenomena and Applications*, Dr Moh. Yasin (Ed.) — InTech, 2015. — 518 p.:il.:26 cm. — Ch. 2. — P. 55— 97. — ISBN: 978-953-51-1742-1.

Реферат по волоконной оптике должен продемонстрировать способность соискателя самостоятельно анализировать и интерпретировать прочитанную литературу, идентифицировать конкретную проблему, проводить анализ путей ее решения, предложить их варианты и выбрать оптимальный.

Тема реферата (ориентировочный список тем представлен в *Приложении № 5*) предварительно согласовывается с научным руководителем аспиранта и утверждается заведующим кафедрой радиофотоники и микроволновых технологий.

Объем реферата – 1 авторский лист или 20-30 страниц машинописного текста 14 шрифтом через 1,5 интервала. Оформление реферата предполагает наличие: титула (Образец оформления титульного листа реферата приводится в *Приложении № 6*), оглавления; введения; основной части: анализа состояния проблемы, путей ее решения, выбора оптимального решения, оценок его перспективности; заключения; списка использованной литературы.

План (содержание или оглавление) реферата размещается на 2 странице. На английском языке дублируются титульный лист, введение и заключение. Список использованной литературы должен включать в себя не менее 5-7 источников на русском и 5-7 источников на английском языке и оформляется по установленным стандартам:

1. ГОСТ 7.1-2003. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления.
2. ГОСТ 7.82-2001. Библиографическая запись. Библиографическое описание электронных ресурсов: Общие требования и правила составления.

Первичную экспертизу готового реферата проводит научный руководитель аспиранта. Он ставит свою подпись на титульном листе.

Только после сдачи реферата аспирант допускается для сдачи зачета.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Реализация компетентностного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития требуемых компетенций обучающихся.

В рамках учебных курсов предусмотрены встречи с представителями российских и зарубежных компаний, компетентных в области волоконной оптики, участие аспирантов в работе международных и всероссийских научных конференций, проводимых на базе КНИТУ-КАИ.

Основная часть лекций проходит в традиционной форме.

К интерактивным технологиям проведения лекций относятся лекция-беседа, лекция с заранее объявленными ошибками, лекция с элементами проблемной ситуации.

Лабораторные работы проводятся в интерактивной форме – работа в малых исследовательских группах, коллективное решение творческих задач.

Для внеаудиторной проработки самостоятельного задания аспирантам также предлагается кооперация в малых исследовательские группы и коллективное решение творческих задач, если позволяет тематика диссертационных работ.

**Интерактивные образовательные технологии, используемые в аудиторных занятиях
(если таковые предусмотрены разработчиком рабочей программы)**

Таблица 7.

Семестр	Вид и тема занятия (лекция, практическое занятие, лабораторная работа)	Используемые интерактивные образовательные технологии	Количество часов
3	Лекция №2. Отражение и преломление электромагнитного поля на плоской границе двух сред.	Лекция с заранее объявленными ошибками	2
	Лекция №3. Распространение света в волоконных световодах.	Лекция-беседа	2
	Лекция №8. Нелинейные эффекты в волоконных световодах.	Лекция с элементами проблемной ситуации	2
	Лекция №9. Современные и перспективные волоконно-оптические приборы и комплексы.	Лекция-встреча с представителем российской научной общности	2
	Лабораторная работа №1. Распространение и потери света в волоконных световодах.	Работа в малых исследовательских группах	4
	Лабораторная работа №2. Методы записи и исследование характеристик Брэгговских решеток.	Коллективное решение творческих задач	4
	Лабораторная работа №3. Оптические источники и приемники для волоконно-оптических приборов и комплексов.	Работа в малых исследовательских группах	4
Лабораторная работа №4. Методы управления лазерным излучением в волоконно-оптических приборах и комплексах.	Коллективное решение творческих задач	4	
ВСЕГО ЧАСОВ			24

6. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Перечень оценочных средств для текущего контроля освоения дисциплины

Текущий контроль аспирантов производится в дискретные временные интервалы лектором и преподавателем, ведущим лабораторные работы по дисциплине в следующих формах:

- устные опросы;
- выполнение лабораторных работ;
- защита лабораторных работ;
- тестирование после окончания Модуля 1
- тестирование на зачете.

6.2. Состав фонда оценочных средств для проведения контроля аспирантов по дисциплине

Контроль по дисциплине проходит в форме зачета.

На зачет выносится решение задачи, связанной с волоконной оптикой и одной из задач дис-

сертационной работы аспиранта, выполненной путем математического или компьютерного моделирования.

(Фонд оценочных средств, перечень заданий для проведения контроля, а также методические указания для проведения контроля приводятся в *Приложении 4* к рабочей программе).

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Таблица 8.

Основная литература

№ п/п	Учебник, учебное пособие (приводится библиографическое описание учебника, учебного пособия)	Ресурс НТБ КНИТУ-КАИ	Кол-во экз.
1	Агравал Г.П. Применение нелинейной волоконной оптики : учеб. пособие / Г.П. Агравал; пер. И.Ю. Денисюк, В.И. Кузин. - СПб.: Лань, 2011. - 592. - (Учебники для вузов. Специальная литература)	Ресурс НТБ КНИТУ-КАИ	15
2	Игнатов А.Н. Оптоэлектроника и нанофотоника : учеб. пособие для студ. вузов / А.Н. Игнатов. - СПб.: Лань, 2011. - 544. - (Учебники для вузов. Специальная литература)	Ресурс НТБ КНИТУ-КАИ	20
3	Скляр О.К. Волоконно-оптические сети и системы связи : учеб. пособие / О.К. Скляр. - 2-е изд., стер. - СПб.: Лань, 2010. - 272. - (Учебники для вузов. Специальная литература)	Ресурс НТБ КНИТУ-КАИ	133

Дополнительная литература

№ п/п	Учебник, учебное пособие, монография, справочная литература (приводится библиографическое описание)	Ресурс НТБ КНИТУ-КАИ	Кол-во экз.
1	Айбатов Д.Л. Основы рефлектометрии : учеб. пособие для студ. вузов / Д.Л. Айбатов, О.Г. Морозов, Ю.Е. Польский. - Казань: Изд-во КГТУ им. А.Н. Туполева, 2008. - 100	Ресурс НТБ КНИТУ-КАИ	100
2	Морозов, О. Г. Маломодовая симметричная рефлектометрия волоконно-оптических структур : [моногр.] / О.Г. Морозов, Г.А. Морозов, В.Г. Куприянов, И.И. Нуреев, А.Р. Насыбуллин, П.Е. Денисенко. - Казань : ЗАО «Новое знание», 2013. - 160 с.: рис., табл.; 20 см. - 500 экз. - ISBN 978-5-89347-728-3.	Ресурс НТБ КНИТУ-КАИ	20
3	Морозов, О. Г. Нанофотоника и дифракционная оптика в телекоммуникациях : [уч. пособие] / О.Г. Морозов. - Казань : ЗАО «Новое знание», 2012. - 112 с.: рис., табл.; 20 см. - 500 экз. - ISBN 978-5-89347-685-9.	Ресурс НТБ КНИТУ-КАИ	20

Методические указания и материалы

№ п/п	Лабораторные практикумы, методические указания, учебно-методические пособия (приводится библиографическое описание)	Ресурс НТБ КНИТУ-КАИ	Кол-во экз.
1	Морозов, О. Г. Волоконная оптика : [мет. указ. к лаб. работам для аспирантов] / О.Г. Морозов. - Казань : ЗАО «Новое знание», 2015. - 64 с.: рис., табл.; 20 см. - 100 экз.	Ресурс НТБ КНИТУ-КАИ	20

Интернет-источники

1. Подборка книг по волоконно-оптическим технологиям (на русском языке). Доступ: <http://rutracker.org/forum/viewtopic.php?t=1508183>.
2. Подборка книг по волоконно-оптическим технологиям (на английском языке). Доступ: <http://rutracker.org/forum/viewtopic.php?t=1569616>.
3. Подборка книг, диссертаций, практикумов по волоконной оптике. Доступ: http://www.twirpx.com/files/tele/fiber_optic.

7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет»

Интернет-ресурсы из перечня НТБ КНИТУ-КАИ

Русскоязычные:

- [ВИНИТИ](#)

- [РОСПАТЕНТ](#)

- [eLIBRARY.RU \(НЭБ - Научная электронная библиотека\)](#)

Зарубежные:

- [ScienceDirect \(Elsevier\) - естественные науки, техника.](#)

- [Scopus - база данных рефератов и цитирования.](#)

- [SpringerLink - компьютерные науки, математика и статистика, физика.](#)

- [The American Physical Society – ведущие физические журналы мира.](#)

Интернет ресурсы ведущих научных обществ мира

1. Цифровая библиотека SPIE. Доступ: http://proceedings.spiedigitallibrary.org/SS/All_Proceedings.aspx.
2. Цифровая библиотека OSA. Доступ: <https://www.osapublishing.org/osadigitalarchive.cfm/>
3. Цифровая библиотека IEEE. Доступ: <http://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp?reload=true&/>

7.3. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (при необходимости)

1. Чтение лекций с использованием слайд-презентаций.
2. Использование видеоматериалов (через Интернет).
3. Использование специализированных пакетов прикладных программ MatLab, MathCad, OptiSystem, OptiGrating, Simulink.
4. Компьютерное тестирование.

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Лекционные занятия:
 - комплект электронных презентаций/слайдов,
 - аудитория №8 кафедры Радиофотоники и микроволновых технологий, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук),
 - компьютер/ноутбук с выходом в Интернет для просмотра видеоматериала из сети.
2. Лабораторные работы:
 - аудитория №20 кафедры Радиофотоники и микроволновых технологий (*Лаборатория волоконно-оптических измерений*), оснащенная временным рефлектометром МТР, измерителем мощности оптического излучения FOD, оптическим анализатором спектра EXFO, сварочным аппаратом Sumitomo;

- аудитория №21 кафедры Радиофотоники и микроволновых технологий (*Лаборатория волоконно-оптических технологий*), оснащенная станцией записи волоконных решеток Брэгга, интеррогаторов National Instruments, FiberSensing, Ibsen;
- аудитория №14 кафедры Радиофотоники и микроволновых технологий, компьютерный класс с компьютерами, объединенными в сеть с рабочим местом преподавателя, с установленным программным обеспечением MatLab, MathCad, OptiSystem, OptiGrating, Simulink и виртуальными версиями лабораторных устройств для исследований);
- шаблоны отчетов по лабораторным работам;
- комплект образцовых волоконных решеток Брэгга.

3. Прочее:

- рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет,
- рабочие места аспирантов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

9. КАДРОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Реализация дисциплины обеспечивается руководящими и научно-педагогическими работниками университета, а также лицами, привлекаемыми к реализации программы аспирантуры на условиях гражданско-правового договора.

Доля научно-педагогических работников (в приведенных к целочисленным значениям ставок), имеющих ученую степень (в том числе ученую степень, присвоенную за рубежом и признаваемую в Российской Федерации) и (или) ученое звание (в том числе ученое звание, полученное за рубежом и признаваемое в Российской Федерации), в общем числе научно-педагогических работников, реализующих программу аспирантуры, должна составлять не менее 80 процентов.

Квалификация руководящих и научно-педагогических работников организации должна соответствовать квалификационным характеристикам, установленным в Едином квалификационном справочнике должностей руководителей, специалистов и служащих, раздел "Квалификационные характеристики должностей руководителей и специалистов высшего профессионального и дополнительного профессионального образования", утвержденном приказом Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 11 января 2011 г. N 1н (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 23 марта 2011 г., регистрационный N 20237), и профессиональным стандартам (при наличии).

Доля штатных научно-педагогических работников (в приведенных к целочисленным значениям ставок) должна составлять не менее 60 процентов от общего количества научно-педагогических работников организации.

Среднегодовое число публикаций научно-педагогических работников организации в расчете на 100 научно-педагогических работников (в приведенных к целочисленным значениям ставок) должно составлять не менее 2 в журналах, индексируемых в базах данных Web of Science или Scopus, или не менее 20 в журналах, индексируемых в Российском индексе научного цитирования, или в научных рецензируемых изданиях, определенных в Перечне рецензируемых изданий согласно пункту 12 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. N 842 "О порядке присуждения ученых степеней" (Собрание законодательства Российской Федерации, 2013, N 40, ст. 5074).

Аннотация рабочей программы

Дисциплина «Волоконная оптика» является частью вариативных дисциплин блока 1 по выбору аспирантов по направлению подготовки 12.06.01 – Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии. Дисциплина реализуется в институте ИРЭТ кафедрой радиофотоники и микроволновых технологий.

Требования к уровню освоения содержания дисциплины.

Дисциплина нацелена на формирование общепрофессиональных компетенций выпускника:

ОПК-3: владение методикой разработки математических и физических моделей исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере;

ОПК-4: способность планировать и проводить эксперименты, обрабатывать и анализировать их результаты.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с научно-исследовательской деятельностью в области волоконной оптики, включая ее физические основы, разновидности волокна и их характеристики, создания различных элементов на основе оптического волокна, исследование линейных и нелинейных эффектов в нем, разработку оптических систем связи и измерений, регистрации и обработки информации, разработку, модернизацию и создание волоконно-оптических приборов и комплексов.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции в традиционной и интерактивных формах, лабораторные работы в интерактивных формах, самостоятельную работу аспиранта, консультации.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости в форме устного опроса, проверки и защиты лабораторных работ, тестирования и итоговый контроль в форме зачета.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов. Программой дисциплины предусмотрены лекционные (36 часов), лабораторные (18 часов) занятия и 54 часа самостоятельной работы аспиранта.

Методические указания для самостоятельной работы обучающихся

Для успешного осуществления самостоятельной работы необходимы:

1. Комплексный подход организации самостоятельной работы по всем формам аудиторной работы;
2. Сочетание нескольких видов самостоятельной работы;
3. Обеспечение контроля за качеством усвоения.

Виды самостоятельной работы:

- для овладения знаниями: чтение текста (учебника, дополнительной литературы, научных публикаций); составление плана текста; графическое изображение структуры текста; конспектирование текста; работа со словарями и справочниками; работа с нормативными документами; учебно-исследовательская работа; использование аудио- и видеозаписей; компьютерной техники, Интернет и др.;

- для закрепления и систематизации знаний: работа с конспектом лекции (обработка текста); аналитическая работа с фактическим материалом (учебника, дополнительной литературы, научных публикаций, аудио- и видеозаписей); составление плана и тезисов ответа; составление таблиц и схем для систематизации фактического материала; изучение нормативных материалов; ответы на контрольные вопросы; аналитическая обработка текста (аннотирование, рецензирование, реферирование и др.); подготовка сообщений к выступлению на семинаре, конференции; подготовка рефератов, докладов; составление библиографии; тестирование и др.;

- для формирования умений: решение модельных задач по образцу; решение вариативных задач связанных с предметом и диссертацией; выполнение чертежей, схем; выполнение расчетов; решение ситуационных производственных (профессиональных) задач; экспериментально-конструкторская работа; исследовательская и проектная работа.

Отдельно следует выделить подготовку к зачету как особый вид самостоятельной работы. Основное его отличие от других видов самостоятельной работы состоит в том, что обучающиеся решают задачу актуализации и систематизации учебного материала, применения приобретенных знаний и умений в качестве структурных элементов компетенций, формирование которых выступает целью и результатом освоения образовательной программы.

В образовательном процессе КНИТУ-КАИ применяются два вида самостоятельной работы – аудиторная под руководством преподавателя и по его заданию и внеаудиторная - по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

Основными видами самостоятельной работы обучающихся с участием преподавателей являются:

- текущие консультации;
- прием и разбор домашних заданий;
- прием и защита лабораторных работ;
- выполнение научно-исследовательской работы (руководство, консультирование и защита НИРС);

Основными видами самостоятельной работы обучающихся без участия преподавателей являются:

- формирование и усвоение содержания конспекта лекций на базе рекомендованной лектором учебной литературы, включая информационные образовательные ресурсы (электронные учебники, электронные библиотеки и др.);
- написание реферата;
- подготовка к лабораторным работам, их оформление;
- составление аннотированного списка статей;
- составление глоссария;
- компьютерный текущий самоконтроль и контроль успеваемости на базе электронных обучающих тестов.

Методические указания для аспирантов

(носят рекомендательный характер)

Изучение учебной дисциплины “Волоконная оптика” осуществляется в форме аудиторных занятий под руководством преподавателя и самостоятельной подготовки аспирантов. Основными видами аудиторных занятий по изучению данной дисциплины являются: лекции, лабораторные занятия, индивидуальные консультации преподавателя.

Аспирантам рекомендуется получить в библиотеке университета учебную литературу по дисциплине, необходимую для эффективной работы на лекциях и лабораторных занятиях, а также для самостоятельной работы по изучению дисциплины.

Необходимо помнить, что часть аудиторных занятий лабораторные, поэтому на них будет рассматриваться лишь часть теоретического учебного материала. Остальная его часть обязательно должна быть изучена в процессе самостоятельной работы перед проведением аудиторных занятий. В связи с этим работа с рекомендованной литературой является обязательной. Следует изучить основную литературу и ознакомиться с дополнительной литературой, рекомендованной преподавателем и предусмотренной учебной программой. Особое внимание при этом необходимо обратить на практическое приложение рассматриваемых теоретических вопросов для анализа и синтеза волоконно-оптических систем и устройств в соответствии с тематическим планом.

В процессе этой работы аспиранты должны стремиться понять и запомнить основные положения рассматриваемого материала, примеры, поясняющие его, а также разобраться в иллюстративном материале. Дорабатывать краткий материал, полученный на лабораторных занятиях, делая в нем соответствующие записи из литературы.

Аспирант может дополнить список использованной литературы современными источниками, не представленными в списке рекомендованной литературы, в том числе и на иностранном языке, и в дальнейшем использовать подготовленные учебные материалы для изучения последующих курсов и при выполнении выпускной квалификационной работы.

При подготовке к очередной лабораторной работе аспирантам необходимо по основной литературе или методическим указаниям к работе изучить теоретический материал работы. Перед выполнением работы пройти краткий тест в соответствии с указаниями к данной работе. В случае возникновения затруднений необходимо обращаться к преподавателю. Выполнив моделирование, расчеты и анализ, аспирант должен проанализировать окончательные результаты и убедиться в их достоверности. Отчет по лабораторной работе должен содержать: цель работы; схемы измерений; описание хода выполнения работы; модели; результаты измерений, расчетные данные и графические зависимости (при их наличии), сопровождающиеся необходимыми комментариями; результаты работы и выводы; анализ и обобщение полученных результатов, выводы по работе.

В случае возникновения затруднений в понимании учебного материала можно обратиться за консультацией к преподавателю. За консультацией рекомендуется обращаться после изучения основной и дополнительной рекомендованной литературы.

В ходе выполнения самостоятельной работы полученные аспирантом наработки оформляются в виде презентации по специально выделенным темам, которые дистанционно пересылаются преподавателю для оценки. При подготовке к текущему контролю аспирантом должны быть изучены материалы тестовых заданий.

При подготовке к зачету аспиранты должны прорабатывать соответствующие теоретические и практические разделы дисциплины по основной и дополнительной литературе и ориентироваться на ФОС (*Приложение 4*) все неясные моменты фиксируются и выносятся на плановую консультацию.

Методические указания по написанию реферата

Реферат представляет собой учебно-исследовательскую самостоятельную работу, главной задачей которой является аналитический обзор литературы по поставленной проблеме. Автор должен выделить основные подходы к ее решению и их аргументацию, показать способность к критическому отношению к изложенным позициям. Для этого необходимо провести сравнительный анализ различных точек зрения и подходов, выработать и сформулировать свою позицию по

проблеме. Изложение различных точек зрения должно сопровождаться ссылками на источник. В содержании текста должны быть ясно и четко разделены самостоятельная позиция автора реферата и анализируемые им позиции других авторов.

Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Вид учебных занятий	Организация деятельности аспиранта
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии. Уделить внимание следующим понятиям (<i>перечислены как дидактические единицы в тематическом плане лекций, разд. 3.2</i>).
Индивидуальные задания на самостоятельную работу	Получение задания. Поиск литературы. Знакомство с основной и дополнительной литературой, включая справочные издания, зарубежные источники, конспект основных положений, терминов, сведений, требующих для запоминания и являющихся основополагающими в этой теме. Составление аннотаций к прочитанным литературным источникам. Подготовка миниотчета с презентацией.
Реферат	Получение задания у научного руководителя, согласование с преподавателем. Поиск литературы и составление библиографии, использование от 3 до 5 научных работ, изложение мнения авторов и своего суждения по выбранному вопросу; изложение основных аспектов проблемы, выбор решения, оценка его перспективности. Ознакомиться со структурой и оформлением реферата (<i>см. разд. 4</i>).
Лабораторная работа	Изучение методических указаний к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Волоконная оптика».
Подготовка к зачету	При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на вопросы к зачету, конспекты лекций, рекомендуемую литературу и др.

**Фонд оценочных средств,
перечень заданий для проведения контроля освоения,
а также методические указания для проведения контроля освоения**

Примеры тестовых заданий (вопросов для самопроверки) по модулю 1

1.

Граничные условия записываются в следующем виде (n – нормальная компонента, τ – тангенциальная компонента):

- $D_{\tau}^I = D_{\tau}^{II}; B_n^I = B_n^{II}; E_{\tau}^I = E_{\tau}^{II}; H_n^I = H_n^{II}$
- $D_{\tau}^I = D_{\tau}^{II}; B_{\tau}^I = B_{\tau}^{II}; E_n^I = E_n^{II}; H_n^I = H_n^{II}$
- $D_n^I = D_n^{II}; B_n^I = B_n^{II}; E_{\tau}^I = E_{\tau}^{II}; H_{\tau}^I = H_{\tau}^{II}$
- $D_n^I = D_n^{II}; B_{\tau}^I = B_{\tau}^{II}; E_n^I = E_n^{II}; H_{\tau}^I = H_{\tau}^{II}$

2.

Поскольку в оптическом диапазоне $\mu = \mu_0$, то можно записать следующее

- $H^I = H^{II}; E^I = E^{II}$
- $H^I = H^{II}; B^I = B^{II}$
- $H^I = H^{II}; D^I = D^{II}$
- $E^I = E^{II}; D^I = D^{II}$

3.

Поток энергии электромагнитного поля определяется следующим выражением:

- $S = [H, E]$
- $S = [E, H]$
- $S = [E, D]$
- $S = [B, D]$

4.

Обычно, когда говорят, что свет поляризован, имеют в виду

- эллиптическую поляризацию
- круговую поляризацию
- линейную поляризацию
- квадратичную поляризацию

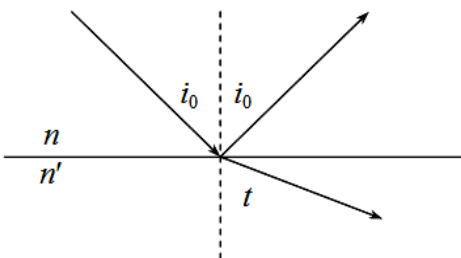
5.

Углы падения и преломления подчиняются соотношению Снеллиуса в случае

- если среда изотропная и неоднородная
- если среда изотропная и однородная
- если среда анизотропная и однородная
- если среда анизотропная и неоднородная

6.

Соотношение Снеллиуса записывается в виде:



- $\sin i_0 / \sin t = n' / n$
- $\sin t / \sin i_0 = n' / n$
- $n' \sin i_0 = n \sin t$
- $\sin i_0 / n = \sin t / n'$

Примеры тестовых заданий (вопросов для самопроверки) по модулю 2

7.

Причина вынужденного Рамановского рассеяния

- оптический эффект Керра
- взаимодействие фотонов с оптическими фононами
- взаимодействие фотонов с акустическими фононами
- многофотонное взаимодействие

8.

Причина вынужденного рассеяния Бриллюэна

- оптический эффект Керра
- взаимодействие фотонов с оптическими фононами
- взаимодействие фотонов с акустическими фононами
- многофотонное взаимодействие

9.

Причина четырехволнового смешения

- оптический эффект Керра
- взаимодействие фотонов с оптическими фононами
- взаимодействие фотонов с акустическими фононами
- многофотонное взаимодействие

10.

Среди всех нелинейностей наименьшую пороговую мощность имеет

- вынужденное рассеяние Рамана
- вынужденное рассеяние Бриллюэна
- фазовая самомодуляция
- фазовая кросс-модуляция

11.

Какой тип потерь возникает за счет индуцированного двулучепреломления?

- PMD
- PDL
- PHB
- ASE

12.

Какой тип потерь является результатом анизотропного насыщения, созданного поляризованным сигналом насыщения, вводимым в эрбиево волокно?

- PMD
- PDL
- PHB
- ASE

13.

Отличие Бриллюэновского рассеяния (SBS) от Рамановского (SRS) заключается в том, что

- при SBS спектр стимулированного излучения узкий (<60 МГц) и смещен в длинноволновую сторону на 10..13 ТГц, а при SRS спектр стимулированного излучения широкий (7 ТГц) и смещен в длинноволновую сторону на 10..11 ГГц
- при SBS спектр стимулированного излучения широкий (7 ТГц) и смещен в длинноволновую сторону на 10..13 ТГц, а при SRS спектр стимулированного излучения узкий (<60 МГц) и смещен в длинноволновую сторону на 10..11 ГГц
- при SBS спектр стимулированного излучения узкий (<60 МГц) и смещен в длинноволновую сторону на 10..11 ГГц, а при SRS спектр стимулированного излучения широкий (7 ТГц) и смещен в длинноволновую сторону на 10..13 ТГц
- при SBS спектр стимулированного излучения широкий (7 ТГц) и смещен в длинноволновую сторону на 10..11 ГГц, а при SRS спектр стимулированного излучения узкий (<60 МГц) и смещен в длинноволновую сторону на 10..13 ТГц

Вопросы к зачету

1. Вывод соотношений между компонентами поля из уравнений Максвелла.
2. Планарная геометрия. Цилиндрическая геометрия.
3. Волновые уравнения для электромагнитных волн.
4. Преломление и отражение на плоской границе раздела сред.
5. Полное внутреннее отражение. Закон Снелля. Закон Френеля.
6. Случай перпендикулярного падения волны. Угол Брюстера.
7. Критический угол падения. Сдвиг Гуса-Генхена.
8. Распространение света в световодах на основе лучевой модели.
9. Ступенчатые световоды: числовая апертура, межмодовая дисперсия.
10. Распространение света и межмодовая дисперсия в градиентных световодах.
11. Дисперсия материала. Передаточная характеристика световода.
12. Адсорбционные потери, поглощение ОН групп, УФ и ИК поглощение.
13. Рэлеевское рассеяние.
14. Потери в световодах, связанные с нерегулярностью структуры.
Прочие механизмы потерь.
15. Предельно низкие потери в световодах на основе кварцевого стекла.
и на основе безкислородных стекол.
16. Одномодовые волоконные световоды.
17. Слабо направляющие волокна. Длина волны отсечки.
18. Хроматическая и внутримодовая дисперсия. Роль дисперсии.
Световоды со смещенной дисперсией.
19. Методы создания анизотропных световодов. Световоды типа «галстук-бабочка».
Световоды типа «Панда».
20. Основные характеристики анизотропных световодов: длина волны биений.
21. Активные волоконные световоды.
22. Волоконные лазеры на основе световодов легированных рбием, иттербием.
Методы накачки.
23. Брэгговские и длинопериодные решетки в волоконных световодах.
24. Методы записи Брэгговских решеток и их характеристики.
25. Методы записи длинопериодных решеток и их характеристики.
26. Нелинейные эффекты в волоконных световодах.
27. Фазовая самомодуляция. Самосжатие оптических импульсов.
28. Оптические солитоны. Нелинейное уравнение Шредингера.
29. Вынужденное рассеяние Манделъштамма-Бриллюэна. Порог ВРМБ.
30. Вынужденное комбинационное (Рамановское) рассеяние.
Волоконные ВКР лазеры и усилители.
31. Фазовая кросс-модуляция.
32. Параметрические процессы. Параметрическое усиление.
33. Четырехволновое смещение.
34. Фазовый синхронизм в одномодовых световодах.
35. Системы оптической связи.
36. Методы спектрального уплотнения (WDM).
37. Сенсорные системы. Методы мультиплексирования.
38. Волоконно-оптические датчики.
39. Методы полигармонического анализа характеристик датчиков.
40. Интеррогаторы.

Методические указания для проведения контроля освоения

Текущий контроль освоения дисциплины осуществляется в виде тестов текущего контроля по Модулю 1 и Модулю 2.

Тестирование ставит целью оценить (Таблица 1) пороговый уровень освоения обучающимися заданных результатов по Модулю 1 и Модулю 2, а также знаний и умений, предусмотренных компетенциями.

Таблица 1

Раздел	Количество вопросов, шт.	Количество верных ответов, %	Словесное выражение
Модуль 1	30	>50	Зачтено
Модуль 2	30	>50	Зачтено

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины (зачет) осуществляется в виде теста для оценки уровня освоения аспирантом дисциплины. Формирование оценки промежуточной аттестации освоения дисциплины (зачет) зависит от уровня освоения компетенций, которые обучаемый обязан освоить по данной дисциплине. Связь между итоговой оценкой и уровнем освоения заданных компетенций представлена в табл. 2.

Таблица 1

Словесное выражение	Описание оценки в требованиях к уровню и объему компетенций
Зачтено	Освоен пороговый уровень компетенций ОПК-3 и ОПК-4 для модулей 1-2
Незачтено	Не освоен пороговый уровень компетенций ОПК-3 и ОПК-4 для модулей 1-2

К зачету допускаются аспиранты, присутствовавшие на всех лекциях, выполнившие все лабораторные работы и сдавшие реферат.

Зачет проводится в форме электронного тестирования (или собеседования)

Зачет проставляется аспиранту, получившему при тестировании (собеседовании) оценку «отлично» (при тестировании более 90% правильных ответов) или «хорошо» (при тестировании более 75% правильных ответов). Аспирант, получивший оценки «удовлетворительно» (при тестировании более 50% правильных ответов) или «неудовлетворительно» (при тестировании менее 50% правильных ответов), повторно сдает зачет в сроки, установленные локальными актами КНИТУ-КАИ.

Ориентировочный список тем рефератов

Темы рефератов для аспирантов, диссертация которых косвенно касается волоконной оптики

1. Волоконная оптика: физические основы.
2. Волоконно-оптические сети и системы связи.
3. Волоконно-оптические сенсорные сети и системы.
4. Волоконно-оптические датчики.
5. Волоконные брэгговские решетки и их применение в системах связи.
6. Волоконные брэгговские решетки и их применение в сенсорных системах.
7. Нелинейные явления в волоконной оптике.
8. Применение нелинейных явлений в волоконно-оптических сенсорных системах.
9. Системы интеррогации в волоконно-оптических сенсорных системах.
10. Нанофотоника и волоконная оптика.

Темы рефератов для аспирантов, диссертация которых прямо касается волоконной оптики

11. Выбор и моделирование лазерного источника для систем связи.
12. Выбор и моделирование лазерного источника для сенсорных систем.
13. Выбор типа волокна и моделирование распространения излучения в нем для систем связи.
14. Выбор типа волокна и моделирование распространения излучения в нем для сенсорных систем.
15. Выбор и моделирование модулятора для систем связи.
16. Выбор и моделирование модулятора для сенсорных систем.
17. Выбор и моделирование фотоприемника для систем связи.
18. Выбор и моделирование фотоприемника для сенсорных систем.
19. Анализ распространения излучения в одномодовом волокне.
20. Анализ распространения излучения в маломодовом волокне.
21. Анализ распространения излучения в многомодовом волокне.
22. Моделирование процесса возбуждения рассеяния Рэлея в оптическом волокне.
23. Моделирование процесса возбуждения рассеяния Мандельштама-Бриллюэна в оптическом волокне.
24. Моделирование процесса возбуждения рассеяния Рамана в оптическом волокне.
25. Моделирование волоконной брэгговской решетки для систем связи.
26. Моделирование волоконной брэгговской решетки для сенсорных систем.
27. Моделирование длинно-периодной волоконной решетки для систем связи.
28. Моделирование длинно-периодной волоконной решетки для сенсорных систем.
29. Моделирование многоканальной системы связи WDM.
30. Моделирование многоканальной сенсорной системы.
31. Тема по предложению аспиранта, согласованная с его руководителем.

Образец оформления титульного листа реферата

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева-КАИ» (КНИТУ-КАИ)

Реферат по дисциплине**«Волоконная оптика»****Тема:** _____Выполнил аспирант кафедры
_____Ф.И.О. (полностью)
_____Научный руководитель
