



Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

**«Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет»**



**УТВЕРЖДАЮ**  
Проректор по науке и инновациям

В.Н. Коротаев  
» 2017г.

**Рабочая программа дисциплины  
«Волоконная оптика»**

<b>Направление подготовки</b>	12.06.01 Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии (уровень подготовки кадров высшей квалификации)
<b>Направленность (профиль) программы аспирантуры</b>	Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы
<b>Научная специальность</b>	05.11.07 Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы
<b>Квалификация выпускника</b>	Исследователь. Преподаватель-исследователь
<b>Выпускающая(ие) кафедра(ы)</b>	Прикладная математика (ПМ)
<b>Форма обучения</b>	Очная
<b>Курс: 2,3</b>	<b>Семестр (ы): 4,5</b>
<b>Трудоёмкость:</b>	
Кредитов по рабочему учебному плану:	4 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	144 ч
<b>Виды контроля с указанием семестра:</b>	
Зачёт:	4,5

Пермь 2017 г.

Рабочая программа дисциплины «Волоконная оптика» разработана на основании следующих нормативных документов:

- Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования, утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 877 от «30» июля 2014 г. по направлению подготовки 12.06.01 Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии (уровень подготовки кадров высшей квалификации);
- Общая характеристика образовательной программы;
- Паспорт научной специальности 05.11.07 Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы, разработанный экспертным советом Высшей аттестационной комиссии Министерства в связи с утверждением приказа Минобрнауки России от 25 февраля 2009 г. №59 «Об утверждении Номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени» (редакция от 14 декабря 2015 года);
- Программа кандидатского минимума и паспорт научной специальности 05.11.07 Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы

Рабочая программа дисциплины заслушана и утверждена на заседании кафедры ПМ  
Протокол от «26» 05 2017 г. № 09.

Зав. кафедрой д. т. н. профессор  
(учёная степень, звание)

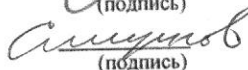
  
(подпись)

Первадчук В. П.  
(Фамилия И.О.)

Разработчик д. ф.-м. н. профессор  
(учёная степень, звание)  
аспирант  
(учёная степень, звание)

  
(подпись)

Бабин С. А.  
(Фамилия И.О.)

  
(подпись)

Смирнов А.С.  
(Фамилия И.О.)

Руководитель д. ф.-м. н. профессор  
программы (учёная степень, звание)

  
(подпись)

Бабин С. А.  
(Фамилия И.О.)

Согласовано:

Председатель комиссии  
по подготовке научных кадров  
Совета по науке и инновациям

  
(подпись)

В.П. Первадчук

Начальник УПКВК

  
(подпись)

Л.А. Свисткова

## 1. Общие положения

**1.1 Цель учебной дисциплины** – формирование комплекса знаний, умений и навыков в области волоконная оптика.

В процессе изучения данной дисциплины аспирант формирует следующие **компетенции**:

- способностью идентифицировать новые области исследований, новые проблемы в сфере профессиональной деятельности с использованием анализа данных мировых информационных ресурсов, формулировать цели и задачи научных исследований (ОПК-1);
- способностью предлагать пути решения, выбирать методику и средства проведения научных исследований (ОПК-2);
- владением методикой разработки математических и физических моделей исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере (ОПК-3);
- Способность к созданию новых методов для физических исследований с использованием оптического излучения, высокоточных измерений, средств передачи и обработки информации. (ПК-1);

### 1.2 Задачи учебной дисциплины:

- ознакомление с принципами распространения оптического излучения по веществу, нелинейные оптические эффекты, методы их анализа и оценки;
- изучение физических волноводной и волоконной оптики;
- изучение методов физических исследований с использованием оптического излучения;
- овладение навыками экспериментальной работы с волоконными и объемными оптическими элементами

#### • **формирование образовательных аспектов**

##### **Знать:**

- *Физические принципы распространения оптического излучения по веществу;*
- *Физические принципы распространения волн оптического излучения по веществу, нелинейные оптические эффекты, методы их анализа и оценки;*
- *Физические принципы волноводной и волоконной оптики;*
- *методы физических исследований с использованием оптического излучения;*

##### **Уметь:**

- *формулировать цели и задачи научных исследований;*
- *выбирать методику и средства проведения научных исследований;*
- *рассчитывать влияние нелинейных оптических эффектов на распространение и генерацию света;*

##### **Владеть:**

- *навыком отыскания необходимых данных среди мировых информационных ресурсов;*
- *ключевыми навыками экспериментальной работы с оптическим волокном, объемными элементами, источниками и приёмниками оптического излучения, анализаторами оптических и электрических сигналов и их спектров;*

### 1.3 Предметом освоения дисциплины являются следующие объекты:

основные физические принципы и эффекты волновой оптики

### 1.4 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина Б1.В.ОД.1.2 «Волоконная оптика» является обязательной дисциплиной вариативной части цикла базового учебного плана.

Дисциплина используется при подготовке к сдаче кандидатского экзамена по специальности 05.11.07 Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы и выполнении научно-квалификационной работы (диссертации).

## 2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате изучения дисциплины аспирант должен освоить части указанных в пункте 1.1 компетенций и продемонстрировать следующие результаты:

<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Физические принципы распространения оптического излучения по веществу;</li> <li>- Физические принципы распространения волн оптического излучения по веществу, нелинейные оптические эффекты, методы их анализа и оценки;</li> <li>- Физические принципы волноводной и волоконной оптики;</li> <li>- методы физических исследований с использованием оптического излучения;</li> </ul>
<p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- формулировать цели и задачи научных исследований;</li> <li>- выбирать методику и средства проведения научных исследований;</li> <li>- рассчитывать влияние нелинейных оптических эффектов на распространение и генерацию света;</li> </ul>
<p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыком отыскания необходимых данных среди мировых информационных ресурсов;</li> <li>- ключевыми навыками экспериментальной работы с оптическим волокном, объемными элементами, источниками и приёмниками оптического излучения, анализаторами оптических и электрических сигналов и их спектров;</li> </ul>

### 2.1 Дисциплинарная карта компетенции ОПК-1

<p><b>Код</b> ОПК-1</p>	<p><b>Формулировка компетенции</b></p>
	<p>Способность идентифицировать новые области исследований, новые проблемы в сфере профессиональной деятельности с использованием анализа данных мировых информационных ресурсов, формулировать цели и задачи научных исследований (ОПК-1).</p>
<p><b>Код</b> ОПК-1 Б1.В.ОД.1.2</p>	<p><b>Формулировка дисциплинарной части компетенции</b></p>
	<p>Способность идентифицировать новые области исследований, новые проблемы в сфере волоконной оптики с использованием анализа данных мировых информационных ресурсов, формулировать цели и задачи научных исследований (ОПК-1).</p>

### Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Физические принципы распространения оптического излучения по веществу;</li> </ul>	<p>Лекции. Самостоятельная работа аспирантов.</p>	<p>Собеседование.</p>
<p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- формулировать цели и задачи научных исследований</li> </ul>	<p>Практические занятия. Самостоятельная работа аспирантов.</p>	<p>Собеседование. Творческое задание.</p>

<b>Владеть:</b> навыком отыскания необходимых данных среди мировых информационных ресурсов;	Самостоятельная работа аспирантов.	Собеседование. Творческое задание.
--	------------------------------------	---------------------------------------

## 2.2 Дисциплинарная карта компетенции ОПК-2

<b>Код</b> ОПК-2	<b>Формулировка компетенции</b> Способность предлагать пути решения, выбирать методику и средства проведения научных исследований (ОПК-2)
---------------------	--

<b>Код</b> ОПК-2 Б1.В.ОД.1.2	<b>Формулировка дисциплинарной части компетенции</b> Способность предлагать пути решения, выбирать методику и средства проведения научных исследований в области волоконной оптики (ОПК-2)
------------------------------------	---

### Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
<b>Знать:</b> - Физические принципы распространения волн оптического излучения по веществу, нелинейные оптические эффекты, методы их анализа и оценки;	Лекции. Самостоятельная работа аспирантов.	Собеседование.
<b>Уметь:</b> - выбирать методику и средства проведения научных исследований;	Практические занятия. Самостоятельная работа аспирантов.	Собеседование. Творческое задание.
<b>Владеть:</b> - ключевыми навыками экспериментальной работы с оптическим волокном, объемными элементами, источниками и приёмниками оптического излучения, анализаторами оптических и электрических сигналов и их спектров	Самостоятельная работа аспирантов.	Собеседование. Творческое задание.

## 2.3 Дисциплинарная карта компетенции ОПК-3

<b>Код</b> ОПК-3	<b>Формулировка компетенции</b> Владение методикой разработки математических и физических моделей исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере (ОПК-3)
---------------------	--

<b>Код</b> ОПК-3 Б1.В.ОД.1.2	<b>Формулировка дисциплинарной части компетенции</b> Владение методикой разработки математических и физических моделей исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к волоконной оптике (ОПК-3)
------------------------------------	--

### Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
----------------------	---------------------	-----------------

<b>Знать:</b> - Физические принципы волноводной и волоконной оптики	<i>Лекции. Самостоятельная работа аспирантов.</i>	<i>Собеседование.</i>
<b>Уметь:</b> - рассчитывать влияние нелинейных оптических эффектов на распространение и генерацию света.	<i>Практические занятия. Самостоятельная работа аспирантов.</i>	<i>Собеседование. Творческое задание.</i>

#### 2.4 Дисциплинарная карта компетенции ПК-1

<b>Код</b> ПК-1	<b>Формулировка компетенции</b> Способность к созданию новых методов для физических исследований с использованием оптического излучения, высокоточных измерений, средств передачи и обработки информации. (ПК-1)
--------------------	---

<b>Код</b> ПК-1 Б1.В.ОД.1.2	<b>Формулировка дисциплинарной части компетенции</b> Способность к созданию новых методов для физических исследований с использованием оптического излучения, высокоточных измерений, средств передачи и обработки информации. (ПК-1)
-----------------------------------	--

#### Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
<b>Знать:</b> - методы физических исследований с использованием оптического излучения	<i>Лекции. Самостоятельная работа аспирантов.</i>	<i>Собеседование.</i>

### 3. Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 ЗЕ (1 ЗЕ = 36 час.).

Таблица 1

#### Объем и виды учебной работы

№ п.п.	Вид учебной работы	Трудоёмкость, ч	
		4 семестр	5 семестр
<b>1</b>	Аудиторная работа	12	
	В том числе:		
	Лекции (Л)	5	-
	Практические занятия (ПЗ)	-	6
<b>2</b>	Контроль самостоятельной работы (КСР)	1	-
	Самостоятельная работа (СР)	66	66
	Итоговая аттестация по дисциплине: Кандидатский экзамен	-	
	Форма итогового контроля:	Зачет	

### 4. Содержание учебной дисциплины

#### 4.1 Модульный тематический план

Таблица 2

#### Тематический план по модулям учебной дисциплины (4,5 семестр)

Номер раздела	Номер темы	Количество часов и виды занятий				Трудоёмкость,
		аудиторная работа	КСР	Итоговый	Самостоя	
						ть,

дисциплины	дисциплины	всего	Л	ПЗ	контроль	тельная работа	ч / ЗЕ
1	1		1			13	14
	2		1		0,5	13	14,5
<b>Всего по разделу:</b>			<b>2</b>		<b>0,5</b>	<b>26</b>	
2	3		1			13	14
	4		1			14	15
	5		1		0,5	13	14,5
<b>Всего по разделу:</b>			<b>3</b>		<b>0,5</b>	<b>40</b>	
3	6			1		16	17
<b>Всего по разделу:</b>				<b>1</b>		<b>16</b>	
4	7			1	0,5	16	17,5
	8			1		17	18
	9			2	0,5	17	19,5
<b>Всего по разделу:</b>		<b>4</b>		<b>4</b>	<b>1</b>	<b>50</b>	
<b>Промежуточная аттестация</b>							
<b>Итого:</b>		<b>10</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>132</b>	<b>144/4</b>

#### 4.2. Содержание разделов и тем учебной дисциплины

##### 4.2.1. Содержание разделов и тем учебной дисциплины (4 семестр)

###### Раздел 1. Основы оптики

Тема. 1. Геометрическая оптика. Коллимирование. Фокусировка. Согласование апертур. Принцип Ферма. Условия получения идеального изображения. Оптика параксиальных лучей.

Тема. 2. Физическая оптика. Поляризация. Интерференция. Когерентность. Многолучевая интерференция. Дифракция. Разрешающая способность. Голография. Изменение диаграмм направленности.

###### Раздел 2 «Нелинейная оптика».

Тема. 3. Нелинейные эффекты 2-го порядка. Удвоение частоты, генерация суммарной и разностной частот, параметрическое усиление;

Тема. 4. Нелинейные эффекты 3-го порядка. Эффект Керра, самофокусировка, фазовая самомодуляция, перекрестная фазовая модуляция и четырёхволновое смешивание; спонтанное и вынужденное комбинационное (рамановское) рассеяние; спонтанное и вынужденное рассеяние Манделъштама – Бриллюэна.

Тема. 5. Другие эффекты, влияющие на оптические явления. Насыщение усиления в лазерах и усилителях. Нелинейные потери в насыщаемом поглотителе, фоторефрактивные эффекты, возникновение тепловых линз, тепловая расстройка оптических резонаторов.

##### 4.2.2. Содержание разделов и тем учебной дисциплины (5 семестр)

###### Раздел 3. «Волноводная оптика».

Тема. 6. Оптика волноводов. Планарные зеркальные волноводы; планарные диэлектрические волноводы; волноводные моды; распределения полей; дисперсионные соотношения и групповые скорости; двумерные волноводы; фотонно-кристаллические волноводы, оптическая связь в волноводах, устройства ввода, связанные волноводы; периодические волноводы; металлические волноводы с размерами меньше длины волны (плазмоника).

###### Раздел 4. «Волоконная оптика»

Тема. 7. Оптика волоконных световодов. Направляемые лучи; Волокна со ступенчатым профилем показателя преломления; Градиентные волокна; Направляемые волны; Одномодовые волокна; Квазиплоские волны в волокнах со ступенчатым и градиентным профи-

лем показателя преломления; Затухание; Дисперсия; Волоконные световоды с двойным лучепреломлением, Микроструктурные и фотонно-кристаллические волокна.

Тема. 8. Волоконно-оптические компоненты для волоконных датчиков и лазеров. Волоконные световоды для волоконно-оптических датчиков. Оптические изоляторы, циркуляторы, Волоконно-оптические поляризационные контроллеры. Волоконно-оптические ответвители. Спектральные ответвители. Зеркало Саньяка, объединители накачки. Бреговские решетки. Волоконные интерферометры.

Тема. 9. Распределенные волоконно-оптические датчики (ВОД) Распределенные амплитудные ВОД. Сосредоточенные и распределенные поляризационные ВОД, Распределенные интерференционные ВОД, ВОД низкокогерентной интерферометрии, датчики на волоконных бреговских решетках, Нелинейно-оптические ВОД. Источники шумов в измерительных системах. ВОД в распределенных системах.

#### 4.3. Перечень тем лабораторных работ

При изучении данной дисциплины лабораторные работы не предусмотрены.

#### 4.4. Перечень тем практических занятий

Таблица 3

Темы практических занятий (из пункта 4.2.2)

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	6	Расчет планарного диэлектрического волновода с заданными свойствами	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
2	7	Расчет профиля показателя преломления оптического волокна для получения заданных свойств (затухание, изгибное затухание, дисперсия, длина волны отсечки, порог нелинейных эффектов, и др.)	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
3	8	Расчет параметров записи бреговской решетки для получения заданных характеристик спектра отражения.	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
4	9	Подбор параметров компонентов распределенного амплитудного ВОД для достижения заданной точности	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
5	9	Подбор параметров компонентов распределенного интерференционного ВОД для достижения заданной точности	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.

#### 4.5. Перечень тем семинарских занятий



При изучении данной дисциплины семинарские занятия не предусмотрены.

#### 4.6. Содержание самостоятельной работы аспирантов

Самостоятельная работа аспирантов заключается в теоретическом изучении конкретных вопросов и выполнении творческих заданий.

Таблица 4

Темы самостоятельных заданий				
№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы самостоятельной работы	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	1	Принцип Ферма. Условия получения идеального изображения.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
2	2	Изменение диаграмм направленности.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
3	3	генерация суммарной и разностной частот, параметрическое усиление	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
4	4	спонтанное и вынужденное комбинационное (рамановское) рассеяние; спонтанное и вынужденное рассеяние Мандельштама – Бриллюэна	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
5	5	фоторефрактивные эффекты, возникновение тепловых линз, тепловая расстройка оптических резонаторов	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
6	6	фотонно-кристаллические волноводы, оптическая связь в волноводах, устройства ввода, связанные волноводы; периодические волноводы; металлические волноводы с размерами меньше длины волны (плазмоника).	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
7	7	Волоконные световоды с двойным лучепреломлением, Микроструктурные и фотонно-кристаллические волокна	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
8	8	Волоконно-оптические ответвители. Спектральные ответвители. Зеркало Саньяка, объединители накачки. Бреговские решетки. Волоконные интерферометры	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
9	9	ВОД низкокогерентной интерферометрии, датчики на волоконных бреговских решетках, Нелинейно-оптические ВОД. Источники шумов в измерительных системах. ВОД в распределенных системах.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины

## **5. Методические указания для аспирантов по изучению дисциплины**

При изучении дисциплины «Волоконная оптика» аспирантам целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически;
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела;
3. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции;
4. К выполнению практических заданий приступать после самостоятельной работы по изучению теоретических вопросов.

## **6. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций**

Для успешного освоения дисциплины применяются различные образовательные технологии, которые обеспечивают достижение планируемых результатов обучения согласно основной профессиональной образовательной программы.

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой аспиранты не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Проведение практических занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором аспиранты взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность аспирантов в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности аспирантов на достижение целей занятия.

## **7. Фонд оценочных средств**

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации и текущего контроля по дисциплине «Волоконная оптика» представлен в виде приложения к рабочей программе дисциплины.

## 8. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

### 8.1. Карта обеспеченности дисциплины учебно-методической литературой

Б1.В.ОД.1.2 «Волоконная оптика»  <i>(индекс и полное название дисциплины)</i>	<b>БЛОК 1</b> <i>(цикл дисциплины/блок)</i>		
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 50%; text-align: center; padding: 5px;"> <input type="checkbox"/> базовая часть цикла  <input checked="" type="checkbox"/> вариативная часть цикла                 </td> <td style="border: 1px solid black; width: 50%; text-align: center; padding: 5px;"> <input checked="" type="checkbox"/> обязательная  <input type="checkbox"/> по выбору аспиранта                 </td> </tr> </table>	<input type="checkbox"/> базовая часть цикла <input checked="" type="checkbox"/> вариативная часть цикла	<input checked="" type="checkbox"/> обязательная <input type="checkbox"/> по выбору аспиранта	
<input type="checkbox"/> базовая часть цикла <input checked="" type="checkbox"/> вариативная часть цикла	<input checked="" type="checkbox"/> обязательная <input type="checkbox"/> по выбору аспиранта		

<b>12.06.01 /</b> <b>05.11.07</b>  <i>код направления / шифр научной специальности</i>	Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии (уровень подготовки кадров высшей квалификации) / Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы <i>(полные наименования направления подготовки / направленности программы)</i>
---	--

2017  
*(год утверждения учебного плана)*
Семестр(-ы): 4,5
Количество аспирантов: 2

Факультет Прикладной математики и механики  
Кафедра Прикладная математика (ПМ)

тел. 8(342)2-198-340; [olga@pstu.ru](mailto:olga@pstu.ru)  
*(контактная информация)*

### 8.2. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

№	Библиографическое описание <i>(автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)</i>	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
<b>1 Основная литература</b>		
1	Салех Б. Е. А. Оптика и фотоника. Принципы и применения : учебное пособие : в 2 т. : пер. с англ. / Б. Е. А. Салех, М. К. Тейх. - Долгопрудный: Интеллект, 2012. -784 с: цв. вкл.	Т.1 – 5 Т. 2 - 5
2	Кульчин Ю. Н. Распределенные волоконно-оптические измерительные системы / Ю. Н. Кульчин. — Москва : Физматлит, 2001. — 272 с. : ил	3
3	Иванов, Г.А. Технология производства и свойства кварцевых оптических волокон: учеб. пособие / Г.А. Иванов. В.П. Первадчук. -Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехи, ун-та. 2011. - 171 с.	10 +ЭБ

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
<b>2 Дополнительная литература</b>		
<b>2.1 Учебные и научные издания</b>		
1	Желтиков А. М. Микроструктурированные световоды в оптических технологиях / А. М. Желтиков .— М. : Физматлит, 2009 .— 191 с.	1
2	Волоконно-оптические системы передачи : учебник для вузов / М. М. Бутусов [и др.] .— Москва : Радио и связь, 1992 .— 415 с.	28
3	Кычкин И. С. Основы волновой и квантовой оптики : учебное пособие для вузов / И. С. Кычкин, И. И. Суздалов .— Москва : Высш. шк., 2005 .— 316 с.	3
4	Листвин А. В. Оптические волокна для линий связи / А. В. Листвин, В. Н. Листвин, Д. В. Швырков .— М. : ЛЕСАРарт, 2003 .— 288 с	3
<b>2.2 Периодические издания</b>		
1	Квантовая электроника : журнал / Российская академия наук; Физический институт им. П. Н. Лебедева ; Институт общей физики им. А.М. Прохорова; Московский государственный инженерно-физический институт (технический университет); Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова. Международный учебно-научный лазерный центр; Астрофизика; Научно-исследовательский институт лазерной физики; Российская академия наук. Сибирское отделение; Институт лазерной физики; Научно-исследовательский институт "Полус" им. М. Ф. Стельмаха. - Москва: Физ. ин-т им. П. Н. Лебедева РАН, 1971 - .	
2	Оптика и спектроскопия : журнал / Российская академия наук. - Москва: Наука, 1956	
3	Оптический журнал: научно-технический журнал / Государственный оптический институт им. С. И. Вавилова; Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики; Оптическое общество им. Д.С. Рождественского. - Санкт-Петербург: ГОИ им. С.И. Вавилова, 1931 - .	
4	Прикладная фотоника: журнал / Пермский национальный исследовательский университет. – Пермь: Издательство ПНИПУ, 2014	
<b>2.3 Нормативно-технические издания</b>		
не предусмотрены		
<b>2.4 Официальные издания</b>		
не предусмотрены		

**8.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети  
«Интернет», необходимых для освоения дисциплины  
8.3.1. Лицензионные ресурсы<sup>1</sup>**

1. Электронная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных электрон. док., издан. в Изд-ве ПНИПУ] / Перм. нац. исслед. политехн. ун-т, Науч. б-ка. – Пермь, 2016. – Режим доступа: <http://elib.pstu.ru>, свободный. – Загл. с экрана.
2. Электронно-библиотечная система Издательство «Лань» [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон. версии кн., журн. по гуманитар., обществ., естеств. и техн. наукам] / Электрон.-библ. система «Изд-ва «Лань». – Санкт-Петербург, 2010-2016. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.
3. ProQuest Dissertations & Theses Global [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : дис. и дипломные работы на ин. яз. по всем отраслям знания] / ProQuest LLC. – Ann Arbor, 2016. – Режим доступа: <http://search.proquest.com/pqdtglobal/dissertations>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.
4. Электронная библиотека диссертаций РГБ [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон. версии дис. и автореф. дис. по всем отраслям знания] / Электрон. б-ка дис. – Москва, 2003-2016. – Режим доступа: <http://diss.rsl.ru>, компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.
5. Cambridge Journals [Electronic resource : полнотекстовая база данных : электрон. журн. по гуманитар., естеств., и техн. наукам на англ. яз.] / University of Cambridge. – Cambridge : Cambridge University Press, 1770-2012. – Режим доступа: <http://journals.cambridge.org/>. – Загл. с экрана. 11.

**8.3.2. Открытые интернет-ресурсы**

1. Лазерный Портал - <http://laser-portal.ru/>
2. Энциклопедия физики и техники - <http://femto.com.ua/>
3. The Encyclopedia of Laser Physics and Technology – <https://www.rp-photonics.com/>

**8.4. Перечень лицензионного программного обеспечения**

№ п.п.	Вид учебного занятия	Наименование программного продукта	Пер. номер лицензии	Назначение программного продукта
1	Практическое, творческое, самостоятельная работа	Windows 8.1, (лицензия OEM – предустановленная версия);	лицензия OEM – предустановленная версия	работа компьютера
2	Практическое, творческое, самостоятельная работа	Office Professional 2007	42661567	Создание отчетов
3	самостоятельная работа	Adobe Reader 11.0 Бесплатная лицензия	Бесплатная лицензия	Изучение электронных материалов

<sup>1</sup> собственные или предоставляемые ПНИПУ по договору

**9. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

**9.1. Специализированные лаборатории и классы**

Таблица 7

№ п.п.	Помещения			Площадь, м <sup>2</sup>	Количество посадочных мест
	Название	Принадлежность (кафедра)	Номер аудитории		
1	2	3	4	5	6
1.	Мультимедийный класс (Вычислительная лаборатория)	Кафедра ПМ	614090, Пермский край, г. Пермь, ул. Екатерининская, д. 79, аудитория № 322 корп. А,	60	20 (12)

**9.2. Основное учебное оборудование**

Таблица 8

№ п.п.	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката, лабораторное оборудование)	Кол-во, ед.	Форма приобретения / владения (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудитории
1	2	3	4	5
1	Интерактивная доска SMARTBoard 680;	1	Собственность	614090, Пермский край, г. Пермь, ул. Екатерининская, д. 79, аудитория № 322 корп. А,
2	Мультимедиа-проектор Mitsubishi XD280U, XGA,3000ANSI;	1	Собственность	614090, Пермский край, г. Пермь, ул. Екатерининская, д. 79, аудитория № 322 корп. А,
3	Компьютер в комплекте (системный блок, монитор, клавиатура, мышь)	12	Собственность	614090, Пермский край, г. Пермь, ул. Екатерининская, д. 79, аудитория № 322 корп. А,

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Пермский национальный исследовательский политехнический  
университет» (ПНИПУ)



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке и инновациям

В.Н. Кортаев

» «06» 2017г.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

**для проведения промежуточной аттестации аспирантов по дисциплине  
«Волоконная оптика»**

<b>Направление подготовки</b>	12.06.01 Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии (уровень подготовки кадров высшей квалификации)
<b>Направленность (профиль) программы аспирантуры</b>	Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы
<b>Научная специальность</b>	05.11.07 Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы
<b>Квалификация выпускника</b>	Исследователь. Преподаватель-исследователь
<b>Выпускающая(ие) кафедра(ы)</b>	Прикладная математика (ПМ)
<b>Форма обучения</b>	Очная
<b>Курс: 2,3</b>	<b>Семестр (ы): 4,5</b>
<b>Трудоёмкость:</b>	
Кредитов по рабочему учебному плану:	4 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	144 ч
<b>Виды контроля с указанием семестра:</b>	
Зачёт:	4,5

Пермь 2017г.

**Фонд оценочных средств (ФОС) для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Волоконная оптика» разработан на основании следующих нормативных документов:**

- **Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования, утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 877 от «30» июля 2014 г. по направлению подготовки 12.06.01 Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии (уровень подготовки кадров высшей квалификации);**
- **Общая характеристика образовательной программы;**
- **Паспорт научной специальности 05.11.07 Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы, разработанный экспертным советом Высшей аттестационной комиссии Министерства в связи с утверждением приказа Минобрнауки России от 25 февраля 2009 г. №59 «Об утверждении Номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени» (редакция от 14 декабря 2015 года);**
- **Программа кандидатского минимума и паспорт научной специальности 05.11.07 Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы**

ФОС заслушан и утвержден на заседании кафедры ПМ  
Протокол от «26» 05 2017 г. № 09.

Зав. кафедрой д. т. н. профессор  
(учёная степень, звание)

  
(подпись)

Первадчук В. П.  
(Фамилия И.О.)

Разработчик д. ф.-м. н. профессор  
(учёная степень, звание)  
аспирант  
(учёная степень, звание)

  
(подпись)

Бабин С. А.  
(Фамилия И.О.)  
Смирнов А.С.  
(Фамилия И.О.)

Руководитель д. ф.-м. н. профессор  
программы (учёная степень, звание)

  
(подпись)

Бабин С. А.  
(Фамилия И.О.)

Согласовано:

Председатель комиссии  
по подготовке научных кадров  
Совета по науке и инновациям

  
(подпись)

В.П. Первадчук

Начальник УПКВК

Л.А. Свисткова



## 1. Перечень формируемых частей компетенций, этапы их формирования и контролируемые результаты обучения

### 1.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Согласно основной профессиональной образовательной программе аспирантуры учебная дисциплина Б1.В.ОД.1.2 «Волоконная оптика» участвует в формировании следующих дисциплинарных частей компетенций:

- способностью идентифицировать новые области исследований, новые проблемы в сфере профессиональной деятельности с использованием анализа данных мировых информационных ресурсов, формулировать цели и задачи научных исследований (ОПК-1);
- способностью предлагать пути решения, выбирать методику и средства проведения научных исследований (ОПК-2);
- владением методикой разработки математических и физических моделей исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере (ОПК-3);
- Способность к созданию новых методов для физических исследований с использованием оптического излучения, высокоточных измерений, средств передачи и обработки информации. (ПК-1);

### 1.2 Этапы формирования компетенций

Освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение двух семестров. В 4 семестре предусмотрены аудиторские лекционные занятия, в 5 семестре - практические занятия, а также самостоятельная работа аспирантов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты дисциплинарных компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в дисциплинарных картах компетенций в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения и являются показателями достижения заданного уровня освоения компетенций (табл. 1).

Таблица 1

Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине  
(показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Вид контроля			
	4 семестр		5 семестр	
	Текущий	Зачёт	Текущий	Зачёт
<b>Усвоенные знания</b>				
3.1 Физические принципы распространения оптического излучения по веществу	С	ТВ		
3.2 нелинейные оптические эффекты, методы их анализа и оценки			С	ТВ
3.3 Физические принципы волноводной и волоконной оптики			С	ТВ
3.4 методы физических исследований с использованием оптического излучения	С	ТВ		
<b>Освоенные умения</b>				
У.1 формулировать цели и задачи научных исследований	ОТЗ	ПЗ		
У.2 выбирать методику и средства проведения научных исследований;			ОТЗ	ПЗ

У.3 рассчитывать влияние нелинейных оптических эффектов на распространение и генерацию света;			ОТЗ	ПЗ
<i>Приобретенные владения</i>				
В.1 - навыком отыскания необходимых данных среди мировых информационных ресурсов;	ОТЗ	ПЗ		
В.2 ключевыми навыками экспериментальной работы с оптическим волокном, объемными элементами, источниками и приёмниками оптического излучения, анализаторами оптических и электрических сигналов и их спектров;	ОТЗ	ПЗ		
В.3 методиками разработки математических и физических моделей распространения света в волноводах.			ОТЗ	ПЗ

*С – собеседование по теме; ТВ – теоретический вопрос; ТЗ – творческое задание с учетом темы научно-исследовательской деятельности; ОТЗ – отчет по творческому заданию; ПЗ – практическое задание с учетом темы научно-исследовательской деятельности.*

*Собеседование – средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с аспирантом на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.*

*Творческое задание - частично регламентированное задание, имеющее нестандартное решение и позволяющее диагностировать умения, интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку зрения.*

Итоговой оценкой освоения дисциплинарных частей компетенций (результатов обучения по дисциплине) является промежуточная аттестация в виде зачетов (4, 5 семестр), проводимых с учетом результатов текущего контроля.

## **2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания.**

В процессе формирования заявленных компетенций используются различные формы оценочных средств текущего и промежуточного контроля.

Компоненты дисциплинарных компетенций, указанные в дисциплинарных картах компетенций в рабочей программе дисциплины, выступают в качестве контролируемых результатов обучения в рамках освоения учебного материала дисциплины: знать, уметь, владеть.

### **2.1 Текущий контроль**

Текущий контроль для комплексного оценивания показателей знаний, умений и владений дисциплинарных частей компетенций (табл. 1) проводится в форме собеседования и защиты отчета о творческом задании.

#### **• Собеседование**

Для оценки **знаний** аспирантов проводится собеседование в виде специальной беседы преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной для выяснения объема знаний по определенному разделу, теме, проблеме.

Собеседование может выполняться в индивидуальном порядке или группой аспирантов.

Критерии и показатели оценивания собеседования отображены в шкале, приведенной в табл. 2.

Уровень освоения	Критерии оценивания уровня освоения учебного материала
Зачтено	Аспирант достаточно свободно использует фактический материал по заданному вопросу, умеет определять причинно-следственные связи событий, логично и грамотно, с использованием профессиональной терминологии обосновывает свою точку зрения.
Незачтено	Аспирант демонстрирует полное незнание материала или наличие бессистемных, отрывочных знаний, связанных с поставленным перед ним вопросом, при этом не ориентируется в профессиональной терминологии.

- **Защита отчета о творческом задании**

Для оценки **умений и владений** аспирантов используется творческое задание, имеющее нестандартное решение и позволяющее интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку зрения.

Творческие задания могут выполняться в индивидуальном порядке или группой аспирантов.

Критерии оценивания защиты отчета творческого задания отображены в шкале, приведенной в табл. 3.

Таблица 3

Уровень освоения	Критерии оценивания уровня освоения учебного материала
Зачтено	Аспирант выполнил творческое задание успешно, показав в целом систематическое или сопровождающееся отдельными ошибками <b>применение</b> полученных знаний и <b>умений</b> , аспирант ориентируется в предложенном решении, может его модифицировать при изменении условия задачи. Аспирант может объяснить полностью или частично полученные результаты.
Незачтено	Аспирант допустил много ошибок или не выполнил творческое задание.

## 2.2 Промежуточная аттестация

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего контроля. Промежуточная аттестация проводится в виде зачетов (4 и 5 семестр) по дисциплине, в устно-письменной форме по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки знаний и практическое задание (ПЗ) для проверки умений и владений заявленных дисциплинарных частей компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности всех заявленных дисциплинарных компетенций. Пример билета представлен в приложении 1.

- **Шкалы оценивания результатов обучения при зачете:**

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных дисциплинарных компетенций проводится по шкале оценивания «зачтено», «незачтено» путем выборочного контроля во время зачета.

Типовые шкалы и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачета для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в табл. 4.

## Шкала оценивания уровня знаний, умений и владений на зачете

Оценка	Критерии оценивания
<i>Зачтено</i>	<p>Аспирант продемонстрировал сформированные или содержащие отдельные пробелы знания при ответе на теоретический вопрос билета. Показал сформированные или содержащие отдельные пробелы <b>знания</b> в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов правильно.</p> <p>Аспирант выполнил контрольное задание билета правильно или с небольшими неточностями. Показал успешное или сопровождающееся отдельными ошибками применение <b>навыков</b> полученных знаний и <b>умений</b> при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов правильно.</p>
<i>Незачтено</i>	<p>При ответе на теоретический вопрос билета аспирант продемонстрировал фрагментарные <b>знания</b> при ответе на теоретический вопрос билета. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов.</p> <p>При выполнении контрольного задания билета аспирант продемонстрировал частично освоенное <b>умение</b> и <b>применение</b> полученных навыков при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неточностей.</p>

При оценке уровня сформированности дисциплинарных частей компетенций в рамках выборочного контроля при сдаче зачета считается, что полученная оценка проверяемой в билете дисциплинарной части компетенции обобщается на все дисциплинарные части компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.

Общая оценка уровня сформированности всех дисциплинарных частей компетенций проводится с учетом результатов текущего контроля в виде интегральной оценки по системе оценивания «зачтено» и «незачтено».

Таблица 5

## Оценочный лист уровня сформированности дисциплинарных частей компетенций на зачете

Итоговая оценка уровня сформированности дисциплинарных частей компетенций	Критерии оценивания компетенции
<i>Зачтено</i>	Аспирант получил по дисциплине оценку «зачтено»
<i>Незачтено</i>	Аспирант получил по дисциплине оценку «незачтено»

### 3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине

Задания для текущего контроля и проведения промежуточной аттестации должны быть направлены на оценивание:

1. уровня освоения теоретических понятий, научных основ профессиональной деятельности;
2. степени готовности аспиранта применять теоретические знания и профессионально значимую информацию и оценивание сформированности когнитивных умений.
3. приобретенных умений, профессионально значимых для профессиональной деятельности.

Задания для оценивания когнитивных умений (знаний) должны предусматривать

необходимость проведения аспирантом интеллектуальных действий:

- по дифференциации информации на взаимозависимые части, выявлению взаимосвязей между ними и т.п.;
- по интерпретации и творческому усвоению информации из разных источников, ее системного структурирования;
- по комплексному использованию интеллектуальных инструментов учебной дисциплины для решения учебных и практических проблем.

При составлении заданий необходимо иметь в виду, что они должны носить практико-ориентированный комплексный характер и формировать закрепление осваиваемых компетенций.

#### **4. Типовые контрольные вопросы и задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

##### **4.1 Типовые творческие задания:**

1. Провести обзор литературы и выявить основные тенденции по теме телекоммуникационные оптические волокна.
2. Расчет конфигурации планарного диэлектрические волновода с заданными свойствами
3. Расчет профиля показателя преломления оптического волокна для получения заданных свойств (затухание, изгибное затухание, дисперсия, длина волны отсечки, порог нелинейных эффектов, и др.)

##### **4.2 Типовые контрольные вопросы для оценивания знаний на зачете по дисциплине:**

1. Дифракция. Разрешающая способность
2. Нелинейные потери в насыщаемом поглотителе, фоторефрактивные эффекты
3. «Пропадающие моды» в планарных волноводах.
4. Волоконно-оптические ответители. Спектральные ответители.

##### **4.3 Типовые контрольные задания для оценивания приобретенных умений и владений на зачете по дисциплине:**

1. Расчет системы фокусировки
2. Расчет свойств (затухание, изгибное затухание, дисперсия, длина волны отсечки, порог нелинейных эффектов, и др.) оптического волокна профиля для заданных профиля показателя преломления
3. Расчет модового состава заданного планарного диэлектрического волновода

Полный комплект вопросов и заданий для сдачи зачета в форме утвержденных билетов хранится на кафедре «ПМ».



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**ФГБОУ ВО «Пермский национальный**  
**исследовательский политехнический**  
**университет» (ПНИПУ)**

**Направление**  
**12.06.01 Фотоника, приборостроение,**  
**оптические и биотехнические системы и**  
**технологии (уровень подготовки кадров**  
**высшей квалификации)**

**Программа**  
Оптические и оптико-электронные приборы и  
комплексы

**Кафедра**  
**Прикладная математика (ПМ)**

**Дисциплина**  
**«Волоконная оптика»**

**БИЛЕТ № 1**

1. Дифракция. Разрешающая способность (контроль знаний)
2. Расчет системы фокусировки для достижения максимальной передачи интенсивности от источника к приемнику в системе:
  - источник - бытовая лампочка накаливания 60 Вт, диаметр колбы 5 см, температура нити накала 2500 \*С;
  - приемник – оптическое волокно SMF-28, диаметр сердцевины 8,2 мкм, числовая апертура 0,14 (на длине волны 1,31 мкм) (контроль умений).

Составитель

\_\_\_\_\_ (подпись)

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ (подпись)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 201 \_\_\_\_ г.

### Лист регистрации изменений

№ п.п.	Содержание изменения	Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой
1	2	3
1		
2		
3		
4		