

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



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебной работе

  
\_\_\_\_\_ Н.В.Лобов

« 05 » октября 20\_\_ г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** \_\_\_\_\_ Волоконно-оптические измерения  
(наименование)

**Форма обучения:** \_\_\_\_\_ очная  
(очная/очно-заочная/заочная)

**Уровень высшего образования:** \_\_\_\_\_ бакалавриат  
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

**Общая трудоёмкость:** \_\_\_\_\_ 288 (8)  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** \_\_\_\_\_ 12.03.03 Фотоника и оптоинформатика  
(код и наименование направления)

**Направленность:** \_\_\_\_\_ Фотоника и оптоинформатика (общий профиль, СУОС)  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель учебной дисциплины «Волоконно-оптические измерения» – освоение дисциплинарных компетенций, знакомство обучаемых с объектами и направлениями в области методов измерений в волоконной оптике, физическими основами метрологии и стандартными методами измерений, анализом возникающих погрешностей, основными научно-техническими проблемами, стратегиями и инновациями развития измерений в волоконной оптике.

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Элементы волоконной оптики, устройства и системы, в которых на основе нелинейных процессов генерируются, усиливаются, модулируются, распространяются и детектируются сигналы в оптическом диапазоне; стандартные методы измерения, тестирования и контроля оптических волокон; метрологическое обеспечение измерений в волоконной оптике.

### 1.3. Входные требования

Данная дисциплина базируется на знаниях, полученных студентами в процессе изучения дисциплин: "Физика", "Математика", "Оптическая физика", "Оптическое материаловедение", "Основы голографии".

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.2	ИД-1пк-1.2	- основные классы активных оптических материалов и особенности их применения в фотонике и оптоинформатике; - основы современных технологий измерения, тестирования и контроля оптических волокон; - перечень оборудования, необходимого для контроля качества выпускаемой оптической продукции.	Знает перечень оборудования, необходимого для контроля качества выпускаемой оптической продукции.	Экзамен

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.2	ИД-2пк-1.2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- использовать данные об активных оптических материалах для конструирования и эксплуатации систем тестирования и контроля оптических волокон;</li> <li>- выявлять недостатки в существующем техпроцессе производства оптической продукции для его совершенствования;</li> <li>- моделировать структуру материалов фотоники и происходящих в них процессов с использованием программных средств.</li> </ul>	Умеет выявлять недостатки в существующем техпроцессе производства оптической продукции для его совершенствования.	Защита лабораторной работы
ПК-1.2	ИД-3пк-1.2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- современными методиками исследования основных физико-химических свойств материалов в фотонике и оптоинформатике;</li> <li>- основными теоретическими представлениями, позволяющими анализировать результаты экспериментальных исследований материалов фотоники;</li> <li>- навыками разработки мероприятий по обеспечению качества, надёжности и безопасности оптической продукции на всех этапах жизненного цикла оплотехники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов.</li> </ul>	Владеет навыками разработки мероприятий по обеспечению качества, надёжности и безопасности оптической продукции на всех этапах жизненного цикла оплотехники, оптических и оптико-	Защита лабораторной работы

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		7	8
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	104	54	50
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	34	16	18
- лабораторные работы (ЛР)	66	36	30
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)			
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	2	2
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	148	54	94
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет	9		9
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	288	144	144

### 4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	
7-й семестр				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Лазеры и лазерные материалы.	6	16	0	22
<p>Основы квантовой теории излучения и поглощения света. Радиационное время жизни. Механизмы уширения спектральных полос в стеклах и кристаллах.</p> <p>Инверсия населенностей. Процессы миграции энергии. Сенсбилизация лазерных переходов. Поперечные сечения поглощения и излучения. Процессы релаксации в лазерных материалах. Классификация лазеров по типу активной среды. Основные принципиальные отличия лазеров с активной средой разных типов.</p> <p>Разновидности твердотельных лазеров. Принципы генерации твердотельных лазеров. Лазеры на активированных кристаллах. Волоконные лазеры. Основные эксплуатационные характеристики кристаллических лазеров.</p> <p>Полупроводниковые лазеры. Принципы генерации полупроводниковых лазеров. Основные диапазоны генерации полупроводниковых лазеров. Основные эксплуатационные характеристики полупроводниковых лазеров.</p> <p>Газовые лазеры. Принципы генерации газовых лазеров. Типы активных газовых сред. Основные эксплуатационные характеристики полупроводниковых лазеров.</p> <p>Классификация твердотельных материалов для лазеров ультрафиолетового, видимого и инфракрасного диапазонов.</p> <p>Материалы, активированные неодимом. Основной и дополнительные лазерные переходы в ионах неодима. Сопоставление неодимовых стекол и кристаллов.</p> <p>Материалы, активированные ионами эрбия.</p> <p>Полуторамикронные лазеры на кристаллах и стеклах.</p> <p>Кристаллы для генерации излучения в двухмикронном и трехмикронном диапазонах и в более далекой ИК области</p>				
Нелинейные материалы.	8	16	0	26
<p>Нелинейная поляризация диэлектриков и нелинейно-оптические явления. Нелинейные восприимчивости. Нелинейные оптические параметры кристаллов и стекол. Использование нелинейных эффектов для управления спектральными, временными, пространственными и энергетическими параметрами генерации. Использование нелинейных оптических свойств лазерных материалов для управления параметрами лазерного излучения.</p> <p>Генерация второй гармоники. Кристаллы для генерации второй гармоники. Электрооптический</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
<p>эффект и оптическое выпрямление света. Параметрическая генерация света. Кристаллы для параметрической генерации света. Нелинейное рассеяние света. Вынужденное рассеяние Манделштама-Бриллюэна. Вынужденное комбинационное рассеяние (ВКР). Кристаллические среды для получения вынужденного рассеяния. ВКР-самопреобразование лазерного излучения. Создание эффективных полуторамикронных лазеров с использованием ВКР-самопреобразования. Кристаллические среды для ВКР-самопреобразования лазерного излучения. Генерация третьей гармоники. Кристаллические среды для четырехволнового смешения и генерации высших гармоник. Нелинейное поглощение и преломление. Самофокусировка. Обращение волнового фронта (ОВФ).</p>				
Регистрирующие среды.	2	4	0	6
<p>Классификация приемников оптического излучения. Фотоэлектрические приёмники излучения. Фотоэлектронные приборы. Тепловые приемники излучения. Полупроводниковые материалы используемые для изготовления приемников излучения. Основные параметры и характеристики приемников оптического излучения. Основные параметры и характеристики одноэлементных и малоэлементных полупроводниковых фотоэлектрических приемников излучения фотоприемных устройств и тепловых приборов. Система параметров многоэлементных фоточувствительных приборов. Основные параметры фотоумножителей. Основные параметры и характеристики электронно-оптических преобразователей.</p>				
ИТОГО по 7-му семестру	16	36	0	54
8-й семестр				
Стандартизация и контроль в волоконной оптике.	8	16	0	32
<p>Стандартизация, ее функции. Виды и цели стандартизации. Особенности стандартизации в волоконной оптике. Влияние внешних воздействий на срок службы оптических волокон. Категории оптических волокон. Особенности измерений в волоконной оптике. Метрологическое обеспечение измерений в волоконной оптике. Основные понятия и определения: измерение, тестирование, метрологический контроль. Методы контроля и измерения физических величин, дискретизация, квантование, кодирование</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
сигналов. Виды и оценка погрешностей измерений. Основы корреляционного и регрессионного анализа при обработке результатов измерений. Метод наименьших квадратов.				
Виды измерений в волоконной оптике.	10	14	0	62
Классификация измерений в волоконной оптике. Измерение параметров одномодового волокна: размера модового пятна, длины волны отсечки, хроматической дисперсии, затухания. Измерение параметров многомодового волокна: диаметра сердцевины, числовой апертуры, хроматической и многомодовой дисперсии, затухания. Стандартные категории волокон и виды испытаний: методы преломления и распределения света в ближнем поле, задержки отраженного импульса, измерения механических характеристик. Методы измерения затухания (обрыва, вносимых потерь, обратного рассеяния). Измерение ширины полосы пропускания: импульсная и частотная характеристики. Измерение передаваемой мощности. Методы фазового сдвига и задержки импульса определения дисперсии. Методы определения характеристик при испытаниях на воздействие внешних факторов. Измерение спектральных характеристик: анализ оптического спектра, измерение длины волны, ширины линии и фазового шума без модуляции лазера, частотной модуляции оптического сигнала. Особенности измерений в области нанотехнологий. Классификация методов измерений, применяемых в нанометрологии. Характеристики основных методов микроскопии. Виды спектроскопии. Метрологическое обеспечение измерений в нанотехнологиях.				
ИТОГО по 8-му семестру	18	30	0	94
ИТОГО по дисциплине	34	66	0	148

### Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Исследование характеристик излучения газового лазера.
2	Исследование характеристик излучения полупроводникового лазера.
3	Исследование характеристик излучения твердотельного лазера.
4	Исследование характеристик излучения волоконного лазера.
5	Изучение эффекта Фарадея в стекле.

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
6	Исследование эффекта генерации второй гармоники.
7	Исследование характеристик приемников излучения.
8	Исследование источника излучения, измерение случайных погрешностей.
9	Измерение макро- и микроизгибных потерь в оптическом волокне.
10	Измерение изгибных потерь в оптоволокне с помощью рефлектометра OTDR.
11	Исследование зависимости бриллюэновского частотного сдвига от температуры и механических напряжений в оптическом волокне.
12	Измерение температуры с помощью волоконных брэгговских решеток.
13	Исследование эффекта Фарадея в оптических волокнах, измерение постоянной Вердэ.
14	Измерение масштабного коэффициента в волоконно-оптическом гироскопе.
15	Измерение температурной погрешности в волоконно-оптическом гироскопе.
16	Измерение затухания в оптических волокнах.
17	Измерение числовой апертуры оптического волокна.
18	Измерение поляризации, двулучепреломления оптического волокна.
19	Измерение длины волны отсечки оптического волокна.
20	Измерение длины оптического волокна путем определения времени задержки переданного и (или) отраженного импульса.
21	Исследование температурной зависимости рассеяния Рамана.
22	Исследование передаточной функции преобразователя перемещения на брэгговских решетках.

## 5. Организационно-педагогические условия

### 5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся 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 лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.



## 5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектам лекций рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

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

### 6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
<b>1. Основная литература</b>		
1	Постников В. С. Оптическое материаловедение. Лазерные и регистрирующие среды : курс лекций / В. С. Постников. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2017.	5
2	Цаплин А. И. Методы измерений в волоконной оптике : учебное пособие для вузов / А. И. Цаплин, М. Е. Лихачев. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2011.	10
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Постников В. С. Оптическое материаловедение. Активные материалы : курс лекций / В. С. Постников. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2015.	10
<b>2.2. Периодические издания</b>		
1	Оптический журнал Санкт-Петербург : ГОИ им. С.И. Вавилова. 2009-2020. – Ежемесячное.	1
2	Фотоника Москва : Техносфера. 2007–2020. – Ежемесячное.	1
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
	Не используется	
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
	Не используется	
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
	Не используется	

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов	Постников В. С. Оптическое материаловедение. Активные материалы : курс лекций / В. С. Постников. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2015.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib3807">http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib3807</a>	локальная сеть; свободный доступ

## 6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения.	Adobe Acrobat Reader DC. бесплатное ПО просмотра PDF
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017

## 6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных Scopus	<a href="https://www.scopus.com/">https://www.scopus.com/</a>
База данных Web of Science	<a href="http://www.webofscience.com/">http://www.webofscience.com/</a>
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	<a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Виртуальный читальный зал Российской государственной библиотеки	<a href="https://dvs.rsl.ru/">https://dvs.rsl.ru/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>

## 7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Волоконные Брэгговские решётки (ВБР), источник излучения, спектроанализатор.	1
Лабораторная работа	Комплекс для исследования активных волоконных световодов.	1
Лабораторная работа	Комплекс для исследования волоконных лазеров.	1
Лабораторная работа	Рефлектометр BOTDA, сенсорное волокно, термостат, набор грузов и приспособлений.	1
Лабораторная работа	Рефлектометр OTDR, образцы сенсорных оптических волокон, плата измерительная, набор грузов и приспособлений.	1
Лабораторная работа	Эффект Фарадея в оптических волокнах, термостат.	1
Лекция	Проектор, экран (в мультимедийной учебной аудитории).	1

## 8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе

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

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине  
«Волоконно-оптические измерения»  
*Приложение к рабочей программе дисциплины*

Направление подготовки: \_\_\_\_\_ 12.03.03 Фотоника и оптоинформатика \_\_\_\_\_

Направленность (профиль) \_\_\_\_\_ Волоконная оптика \_\_\_\_\_  
образовательной программы:

Квалификация выпускника: \_\_\_\_\_ «Бакалавр» \_\_\_\_\_

Выпускающая кафедра: \_\_\_\_\_ Общая физика \_\_\_\_\_

Форма обучения: \_\_\_\_\_ Очная \_\_\_\_\_

<b>Курс:</b> 4	<b>Семестр:</b> 7, 8
<b>Трудоёмкость:</b>	
Кредитов по рабочему учебному плану:	8 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	288
<b>Форма промежуточной аттестации:</b>	
Экзамен	7 семестр

**Фонд оценочных средств** для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Волоконно-оптические измерения» является приложением (частью) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

## 1. Объекты оценивания и виды контроля

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в 6-м семестре и разбито на 4 учебных модуля. Предусмотрены аудиторские лекционные и лабораторные занятия, самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций знать, уметь, владеть, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, сдаче отчетов по лабораторным работам и экзамена. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине.

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля				
	Текущий		Рубежный		Промежуточный
	С	ТО	ОЛР	КР	Экзамен
<b>Усвоенные знания</b>					
Знает: – перечень оборудования, необходимого для контроля качества выпускаемой оптической продукции; – методы и приемы проведения экспериментальных исследований; – принципы математического описания результатов экспериментальных исследований; – законы фотоники, элементы волоконной оптики, теорию планирования экспериментов.		ТО		КР1	ТВ
		ТО		КР1	ТВ
		ТО		КР1	ТВ
		ТО		КР2	ТВ
<b>Освоенные умения</b>					
Умеет: – выявлять недостатки в существующем техпроцессе производства оптической продукции для его совершенствования; – проводить экспериментальную работу в области исследования материалов фотоники и оптоинформатики, анализировать эмпирические данные; – использовать современные приборы для исследования физико-химических свойств			ОЛР	КР2	
			ОЛР		
			ОЛР	КР2	

специальных оптических материалов; – самостоятельно проводить экспериментальную работу в области исследования специальных оптических материалов.			ОЛР		
<b>Приобретенные владения</b>					
Владеет: – навыками разработки мероприятий по обеспечению качества, надёжности и безопасности оптической продукции на всех этапах жизненного цикла оптотехники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов; – методиками экспериментального исследования свойств специальных оптических материалов; – навыками работы с реальными исследовательскими приборами.	С		ОЛР		
	С		ОЛР		
	С		ОЛР		

*С – собеседование по теме; ТО – коллоквиум (теоретический опрос); ОЛР – отчет по лабораторной работе; КР – рубежная контрольная работа; ТВ – теоретический вопрос.*

## **2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения**

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с «Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры» в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучаемого и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;

- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;

- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланочного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;

- контроль остаточных знаний.

### **2.1. Текущий контроль усвоения материала**

Текущий контроль усвоения материала в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

## **2.2. Рубежный контроль**

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме защиты лабораторных работ и рубежных контрольных работ.

### **2.2.1. Защита лабораторных работ**

Всего запланировано 22 лабораторных работ. Типовые темы лабораторных работ приведены в РПД.

Проверка *владений* производится при выполнении лабораторных работ.

Типовые вопросы теоретического опроса при защите лабораторных работ (проверка умений и владений):

1. Методы определения размеров волокна: метод преломления в ближнем поле и распределения света в ближнем поле.
2. Методы определения размеров волокна: метод «Четыре концентрических круга» и определения времени задержки переданного и отраженного импульсов.
3. Метод механического измерения диаметра волокна, защитного покрытия, некруглости.
4. Методы измерения механических характеристик волокна: перемотка под натяжением, прочность на разрыв.
5. Методы измерения ширины полосы пропускания: импульсной и частотной характеристик, передаваемой или излучаемой мощности.
6. Методы измерений фазового сдвига и задержки импульса.
7. Метод распределения света в дальнем поле для измерения цифровой апертуры.
8. Характеристики и методы сканирующей туннельной микроскопии.
9. Характеристики и методы контактной сканирующей атомно-силовой микроскопии.
10. Характеристики и методы прерывисто-контактной сканирующей силовой микроскопии.
11. Измерение рельефа поверхности бесконтактным атомно-силовым микроскопом.
12. Многопроходные методики электростатической и магнито-силовой микроскопии.

Защита лабораторной работы проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов.

Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **2.2.2. Рубежная контрольная работа**

Запланировано 2 рубежных контрольных работы (КР) после освоения студентами соответствующих учебных модулей дисциплины. Первая КР – по модулю 1 " Лазеры и лазерные материалы ", вторая КР – по модулю 3 " Основные понятия волоконно-оптических измерений ".

## **Типовые задания первой КР.**

1. Спонтанное и вынужденное излучения: характеристики, различия в процессах возникновения и свойствах.
2. Процессы перехода атома из возбужденного состояния в основное: захват излучения, усиленное спонтанное излучение, сверхизлучение, суперлюминисценция.
3. Условия для возникновения генерации лазерного излучения: уравнение баланса населенностей, влияние скорости накачки среды.
4. Генерация лазерного излучения в трехуровневой системе. Условия генерации. Недостатки трехуровневой системы.
5. Генерация лазерного излучения в четырехуровневой системе. Условия генерации.
6. Способы возбуждения активных сред: особенности применения, эффективность.
7. Оптические резонаторы: назначение, разновидности.
8. Свойства лазерного излучения. Монохроматичность: пределы спектральной ширины линии излучения. Пространственные характеристики. Выходная мощность.
9. Модулирование добротности резонатора.
10. Твердотельные лазеры: виды матриц, требования к матрице.
11. Рубиновый лазер: схема энергетических уровней, излучательные и безызлучательные переходы.
12. CO<sub>2</sub>-лазер: назначение компонентов среды, схема энергетических уровней, излучательные и безызлучательные переходы. Разновидности CO<sub>2</sub>-лазеров.
13. Полупроводниковые лазеры: условия создания инверсной населенности, способы накачки, требования к полупроводникам.
14. Основные характеристики полупроводниковых лазеров.
15. Конструкция и материалы лазерных диодов.
16. Современные инжекционные лазеры.

## **Типовые задания второй КР.**

1. Основные функции стандартизации. Виды стандартов, применяемые в международной практике. Технический регламент.
2. Цели стандартизации в рамках федерального закона. Роль и функции международных стандартов в области новых технологий.
3. Сфера интересов метрологии как науки. Связь метрологии со стандартизацией.
4. Цели и основные понятия закона «Об обеспечении единства измерений».
5. Совокупные характеристики, обеспечивающие надлежащее качество продукции.
6. Принципы единства измерений. Классификация эталонов, обеспечивающих единство измерений, воспроизведение единиц и передачу размера рабочим средствам измерений.
7. Основные единицы Международной системы единиц СИ. Измерения в волоконной оптике. Диапазон измерений основных физических величин в нанотехнологиях.
8. Виды микроскопии в нанотехнологиях.
9. Цели метрологического обеспечения единства измерений.
10. Связь и различия между фундаментальными научными понятиями «физическая величина» и «информация».
11. Истинное и действительное значения физической величины, абсолютная и относительная погрешности измерений.
12. Различия между измерением и контролем.
13. Тестирование, достоверность и погрешность тестирования.
14. Отличие протокола от счета, измерения и тестирования.

Типовые шкала и критерии оценки результатов рубежной контрольной работы приведены в общей части ФОС образовательной программы.



## 2.3. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех лабораторных работ и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

Промежуточная аттестация по дисциплине, согласно РПД, проводится в виде экзамена (7-й семестр) и дифференцированного зачета (8-й семестр) письменно по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы, контролирующие уровень сформированности всех заявленных компетенций. Форма билета представлена в общей части ФОС образовательной программы.

### 2.3.1. Типовые вопросы экзамена

#### Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. Спонтанное и вынужденное излучения: характеристики, различия в процессах возникновения и свойствах.
2. Процессы перехода атома из возбужденного состояния в основное: захват излучения, усиленное спонтанное излучение, сверхизлучение, суперлюминисценция.
3. Нарушение распределения Больцмана при инверсии населенности, поперечное сечение и коэффициент поглощения.
4. Поглощение и усиление света: связь коэффициента поглощения с инверсной населенностью, характеристики усиления сигнала в инверсной среде.
5. Релаксация населенности: эффект насыщения, интенсивность насыщения.
6. Генерация лазерного излучения в трехуровневой системе. Условия генерации. Недостатки трехуровневой системы.
7. Генерация лазерного излучения в четырехуровневой системе. Условия генерации.
8. Способы возбуждения активных сред: особенности применения, эффективность.
9. Оптическая накачка: условия реализации, эффективность.
10. Электрическая накачка: условия реализации, эффективность.
11. Оптические резонаторы: назначение, разновидности, модулирование добротности резонатора.
12. Свойства лазерного излучения. Монохроматичность: пределы спектральной ширины линии излучения. Пространственные характеристики. Выходная мощность.
13. Твердотельные лазеры: активная среда, причины уширения линий. Активаторы.
14. Рубиновый лазер: схема энергетических уровней, излучательные и безызлучательные переходы.
15. Неодимовые лазеры: схема энергетических уровней, излучательные и безызлучательные переходы, преимущества относительно рубинового лазера.
16. Газовые лазеры: процессы, протекающие в активной среде, условия достижения инверсной населенности. Гелий-неоновый и аргоновый лазеры.
17. CO<sub>2</sub>-лазер: назначение компонентов среды, схема энергетических уровней, излучательные и безызлучательные переходы. Разновидности CO<sub>2</sub>-лазеров.
18. Полупроводниковые лазеры: условия создания инверсной населенности, способы накачки, требования к полупроводникам.
19. Инжекционные лазеры: механизм возникновения излучения, условия генерации излучения.

20. Основные характеристики полупроводниковых лазеров: спектральные и пространственные характеристики излучения.
21. Разновидности современных инжекционных лазеров и их характеристики.
22. Классификация и основные характеристики приемников оптического излучения.
23. Виды и принцип работы тепловых приемников оптического излучения.
24. Приемники оптического излучения на основе пироэффекта и термоупругого эффекта.
25. Фотоэлементы и фотоэлектронные умножители.
26. Классификация приемников оптического излучения на основе внутреннего фотоэффекта.

*Полный перечень теоретических вопросов в форме утвержденного комплекта экзаменационных билетов хранится на выпускающей кафедре.*

### **2.3.2. Шкалы оценивания результатов обучения при сдаче экзамена**

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов знать, уметь, владеть заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче экзамена для компонентов знать, уметь и владеть приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **2.3.3. Типовые вопросы дифференцированного зачета**

#### Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. Строение волоконного световода. Профиль показателя преломления волоконного световода. Ступенчатый и градиентный волоконные световоды.
2. Причины возникновения световых потерь в волоконном световоде. Покрытия на оптическом волокне.
3. Одномодовый и многомодовый режимы работы волоконного световода. Чем определяется число направляемых мод в волоконных световодах.
4. Материальная и модовая дисперсия в оптическом волокне. Технология спектрального уплотнения в волоконно-оптических линиях связи.
5. Числовая апертура ступенчатого и градиентного волоконного световода. Эффективная числовая апертура.
6. Материалы для изготовления волоконных световодов. Факторы, влияющие на механическую прочность оптического волокна.
7. Основные функции стандартизации. Виды стандартов, применяемые в международной практике.
8. Классификация эталонов, обеспечивающих единство измерений, воспроизведение единиц и передачу размера рабочим средствам измерений.
9. Тестирование, достоверность и погрешность тестирования.
10. Отличия между дискретизацией, квантованием и числовым кодированием оптического сигнала.
11. Виды контроля: прямой, косвенный, допусковый, односторонний, многосторонний, активный, пассивный, локальный, дистанционный – приведите примеры.
12. Закономерности распределения случайных погрешностей, функция нормального распределения, стандартное отклонение.
13. Классификация измерений в волоконной оптике.
14. Методы определения размеров волокна: метод преломления в ближнем поле и распределения света в ближнем поле.

15. Методы измерения механических характеристик волокна: перемотка под натяжением, прочность на разрыв.
16. Затухание оптического сигнала в волокне. Единицы и методы измерения затухания: методы обрыва, вносимых потерь и обратного рассеяния.
17. Методы измерения ширины полосы пропускания: импульсной и частотной характеристик, передаваемой или излучаемой мощности.
18. Методы измерения спектральных характеристик оптических волокон.
19. Характеристики и методы сканирующей туннельной микроскопии.
20. Измерение рельефа поверхности бесконтактным атомно-силовым микроскопом.
21. Методы и возможности спектроскопии: фотоэлектронной рентгеновской, рамановской, фотолюминесцентной, электролюминесцентной.
22. Факторы, обеспечивающие единство измерений в нанотехнологиях.

*Полный перечень теоретических вопросов в форме утвержденного комплекта билетов для дифференцированного зачета хранится на выпускающей кафедре.*

#### **2.3.4. Шкалы оценивания результатов обучения при сдаче дифференцированного зачета**

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов знать, уметь, владеть заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче дифференцированного зачета для компонентов знать, уметь и владеть приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций**

#### **3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций**

При оценке уровня сформированности компетенций на экзамене считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Типовые критерии и шкалы оценивания уровня сформированности компонентов компетенций приведены в общей части ФОС образовательной программы.

#### **3.2. Оценка уровня сформированности компетенций**

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде экзамена и дифференцированного зачета используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.