

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

Факультет прикладной математики и механики

Кафедра «Общая физика»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

Н. В. Лобов

« 16 » _____ 2016 г.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ

«Основы фотоники»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Программа академического бакалавриата

Направление 12.03.03 «Фотоника и оптоинформатика»

Профиль программы бакалавриата

Волоконная оптика

Квалификация выпускника:

бакалавр

Выпускающая кафедра:

Общая физика

Форма обучения:

очная

Курс: 3.

Семестр: 5, 6

Трудоёмкость:

- кредитов по рабочему учебному плану:

8 ЗЕ

- часов по рабочему учебному плану:

288 ч

Виды контроля:

Экзамен: - **6 семестр** Дифференцированный Курсовой проект: - Курсовая работа: -
зачёт: - **5 семестр**

Пермь

2016

/Д.С. Репецкий/

1. Общие положения

1.1. Цель учебной дисциплины «Основы фотоники» - изучение законов физики, лежащих в основе работы источников и приемников излучения, устройств для контроля, передачи и преобразования оптических сигналов; формирование умений, навыков и компетенций, касающихся анализа характеристик перечисленных устройств и их применения будущей профессиональной деятельности. Повышенное внимание уделяется разделам фотоники, связанным с волоконной оптикой.

В процессе изучения данной дисциплины студент расширяет и углубляет части следующих компетенций по направлениям подготовки ВО:

– способность к анализу поставленной задачи исследований в области фотоники и оптоинформатики (ПК-1).

уметь:

- использовать элементную базу фотоники для построения приборов и устройств фотоники
- экспериментально определять основные характеристики и параметры широко используемых приборов и устройств фотоники
- работать с технической литературой, ГОСТами и технической документацией
- решать задачи, связанные с явлениями фотоники, и применять принципы их решения для описания практически важных ситуаций;

владеть:

- методами постановки задачи и методикой проведения эксперимента с использованием элементов фотоники;
- приемами и алгоритмами решения задач фотоники;
- методами исследовательской работы в области фотоники.

1.2. Задачи дисциплины

В результате изучения дисциплины обучающийся должен (проектируемые результаты освоения дисциплины)

знать:

- основные типы приборов фотоники, принципы их действия, характеристики и параметры; зависимости характеристик и параметров от условий эксплуатации, области применения;
- основы анализа и расчета приборов фотоники;
- основные технические и технологические решения в области фотоники

уметь:

- использовать элементную базу фотоники для построения приборов и устройств фотоники;
- экспериментально определять основные характеристики и параметры широко используемых приборов и устройств фотоники;
- решать задачи, связанные с явлениями фотоники, и применять принципы их решения для описания практически важных ситуаций;

- работать с технической литературой и технической документацией владеть:
- методами постановки задачи и методикой проведения эксперимента с использованием элементов фотоники;
- приемами и алгоритмами решения задач фотоники;
- методами исследовательской работы в области фотоники.

1.3. Предметом освоения дисциплины являются следующие объекты:

- законы физики, описывающие распространение электромагнитного излучения и его взаимодействие с веществом;
- источники и приемники электромагнитного излучения;
- устройства управления электромагнитным излучением;
- основы волоконной оптики, компоненты волоконно-оптических линий

1.4 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Основы фотоники» относится к базовой части блока 1 и является обязательной при освоении ОПОП по профилю программы бакалавриата «Волоконная оптика» направления ВО 12.03.03 «Фотоника и оптоинформатика».

В ходе изучения дисциплины обучающийся должен расширить и углубить освоение частей указанных в пункте 1.1 компетенций и продемонстрировать следующие результаты:

знать:

- основные типы приборов фотоники, принципы их действия, характеристики и параметры; зависимости характеристик и параметров от условий эксплуатации, области применения;
- основы анализа и расчета приборов фотоники;
- основные технические и технологические решения в области фотоники.

уметь:

- использовать элементную базу фотоники для построения приборов и устройств фотоники;
- экспериментально определять основные характеристики и параметры широко используемых приборов и устройств фотоники;
- решать задачи, связанные с явлениями фотоники, и применять принципы их решения для описания практически важных ситуаций;
- работать с технической литературой и технической документацией.

владеть:

- методами постановки задачи и методикой проведения эксперимента с использованием элементов фотоники;
- приемами и алгоритмами решения задач фотоники;

- методами исследовательской работы в области фотоники.

В таблице 1.1 приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций, заявленных в пункте 1.1.

Таблица 1.1 – Дисциплины, направленные на формирование компетенций

Код	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины (группы дисциплин)
Профессиональные компетенции			
ПК-1	способность к анализу поставленной задачи исследований в области фотоники и оптоинформатики	Введение в фотонику и оптоинформатику, Оптическая физика, Конструкции и технологии волоконно-оптических элементов и систем, Учебная практика (по получению первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности), Учебная практика (по получению первичных профессиональных умений и навыков)	Основы оптоинформатики, Нелинейная оптика, Волноводная фотоника, Научно-исследовательская работа студентов, Преддипломная практика

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

Учебная дисциплина обеспечивает формирование части компетенции ПК-1.

2.1. Дисциплинарная карта компетенции ПК-1

Код ПК-1	Формулировка компетенции: способность к анализу поставленной задачи исследований в области фотоники и оптоинформатики
Код ПК-1. Б1.Б.19	Формулировка дисциплинарной части компетенции: способность к анализу поставленной задачи исследований в области фотоники

Требования к компонентному составу части компетенции

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

	В результате освоения компетенции студент		
ПК-1-з	Знает: – основные типы приборов фотоники, принципы их действия, характеристики и параметры; зависимости характеристик и параметров от условий эксплуатации, области применения; – основы анализа и расчета приборов фотоники; – основные технические и технологические решения в области фотоники	Лекции. Самостоятельная работа студентов по изучению теоретического материала.	Текущее и рубежное тестирование, дифф. зачёт., экзамен.
ПК-1-у	Умеет: – использовать элементную базу фотоники для построения приборов и устройств фотоники; – экспериментально определять основные характеристики и параметры широко используемых приборов и устройств фотоники; – решать задачи, связанные с явлениями фотоники, и применять принципы их решения для описания практически важных ситуаций; – работать с технической литературой и технической документацией	Самостоятельная работа по подготовке к выполнению лабораторных работ. Выполнение индивидуальных заданий.	Защита лабораторных работ. Защита решений индивидуальных заданий. Контрольная работа.
ПК-1-в	Владеет: – методами постановки задачи и методикой проведения эксперимента с использованием элементов фотоники; – приемами и алгоритмами решения задач фотоники; – методами исследовательской работы в области фотоники	Самостоятельная работа по подготовке к выполнению лабораторных работ. Выполнение индивидуальных заданий.	Защита лабораторных работ. Защита решений индивидуальных заданий.

3. Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Объем дисциплины в зачетных единицах составляет 8 ЗЕ. Количество часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся указано в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Объём и виды учебной работы

№ п.п.	Виды учебной работы	Трудоёмкость		
		5 семестр	6 семестр	всего
1	2	3	4	5
1	Аудиторная работа (контактная работа)	72	64	136
	-в том числе в интерактивной форме	28	28	56

	- лекции (Л)	32	30	62
	-в том числе в интерактивной форме	12	12	24
	- лабораторные работы (ЛР)	36	32	68
	-в том числе в интерактивной форме	16	16	32
	Контроль самостоятельной работы (КСР)	4	2	6
2	Самостоятельная работа студентов (СРС)	58	58	116
	- изучение теоретического материала	18	18	36
	- подготовка к выполнению и защите лабораторных работ (ЗЛР)	20	20	40
	- выполнение индивидуальных заданий (ИЗ)	20	20	40
3	Итоговый контроль (промежуточная аттестация обучающихся) по дисциплине: экзамен	0	36	36
4	Трудоёмкость дисциплины, всего:			
	в часах (ч) в зачётных единицах (ЗЕ)	130 3,6	158 4,4	288 8

4 Содержание учебной дисциплины

4.1 Модульный тематический план

Таблица 4.1 – Тематический план по модулям учебной дисциплины

Номер учеб- ного модуля	Номер раздела дисци- плины	Номер темы дисцип- лины	Количество часов (очная форма обучения) и виды занятий						Трудо- ёмкость, ч / ЗЕ
			аудиторная работа				Итоговый контроль	СРС	
			всего	Л	ЛР	КСР			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	Введение	1	1				-	1
		1	11	3	8			8	19
		2	9	5	4			8	17
		3	11	5	4	2		8	19
	Итого по модулю:		32	14	16	2		24	56
2	2	4	3	3				5	8
		5	14	6	8			9	23
		6	3	3				5	8
		7	12	4	8			8	20
		8	8	2	4	2		7	15
	Итого по модулю:		40	18	20	2		34	74
Итоговая аттестация									
3	3	9	14	6	8			10	24
		10	4	4				8	12
		11	12	4	8			8	20
		12	14	4	8	2		9	23
	Итого по модулю:		44	18	24	2		35	79
4	4	13	10	2	8			9	19

		14	6	6				5	11
		15	2	2				5	7
		16	2	2				4	6
	Итого по модулю:		20	12	8			23	43
Промежуточная аттестация							36		36
Всего:			136	62	68	6	36	116	$\frac{288}{8 \text{ 3Е}}$

4.2 Содержание разделов и тем учебной дисциплины

Модуль 1. Физические основы фотоники.

Раздел 1. Физические основы фотоники.

Лк – 14 час., ЛР – 16 час., КСР – 2 час., СРС – 24 час.

Введение. Предмет, цели и задачи курса. Основные понятия фотоники. Истоки квантовой теории излучения.

Тема 1. Квантовая теория излучения.

Квантовая теория теплового излучения. Формула Планка для спектральной плотности энергии излучения абсолютно черного тела. Закон Стефана-Больцмана. Фотоэффект и концепция фотона. Эффект Комптона.

Тема 2. Взаимодействие электромагнитного излучения с атомами.

Двухуровневая система в поле теплового излучения. Спонтанное и вынужденное излучение. Коэффициенты Эйнштейна. Полуклассическая теория Бора. Уровни энергии атома водорода. Дипольное излучение. Мощность дипольного излучения. Правила отбора при дипольном излучении. Сила осцилляторного атомного перехода. Причины уширения линий в спектрах. Естественная ширина спектральной линии.

Тема 3. Электромагнитное излучение в среде с атомами.

Уравнения Максвелла в среде. Граничные условия. Вывод уравнения электромагнитной волны. Вывод законов отражения и преломления электромагнитных волн. Явление полного внутреннего отражения. Вывод формул Френеля. Закон Брюстера.

Модуль 2. Источники и приемники электромагнитного излучения.

Раздел 2. Источники и приемники электромагнитного излучения.

Лк – 18 час., ЛР – 20 час., КСР – 2 час., СРС – 34 час.

Тема 4. Источники сплошного и линейчатого спектра.

Классификация источников излучения электромагнитных волн. Тепловые источники. Эффективность излучения тепловых источников в ви-

димом и УФ диапазонах. Дуговой и тлеющий разряды в газах. Газоразрядные лампы.

Тема 5. Источники когерентного излучения.

Принцип действия и основные компоненты лазера. Активная среда. Трехуровневые и четырехуровневые лазерные системы. Основные типы лазеров и их характеристики. Применения лазеров. Условие инверсии населенностей. Пороговое условие генерации. Модовый состав излучения. Резонаторы с различными элементами селективного пропускания.

Лазеры с перестройкой по частоте. Добротность резонатора. Модуляция добротности резонатора. Синхронизация мод. Лазеры ультракоротких импульсов. Светодиоды и инжекционные полупроводниковые лазеры (ИПЛ). Зонные диаграммы и инжекция носителей через гомо- и гетеропереходы. Ватт-амперные и спектральные характеристики излучения ИПЛ. Квантово-размерные лазеры.

Тема 6. Основные методы анализа излучения. Характеристики приемников излучения.

Методы анализа излучения: визуальный, фотографический, тепловой, фотоэлектрический. Основные характеристики приемников излучения: порог чувствительности, коэффициент преобразования, постоянная времени и область спектральной чувствительности приемников излучения. Природа шумов в оптических приемниках.

Тема 7. Основные типы приемников излучения и их устройство.

Фотографические приемники излучения. Тепловые приемники излучения: болометры, термоэлементы, оптико-акустические и пирозлектрические приемники. Фотоэмиссионные приемники излучения: фотоэлементы и фотоумножители. Фотоэлектрические полупроводниковые приемники излучения: фоторезисторы, фотодиоды, лавинные фотодиоды. Квантово-размерные фотоприемники. Светочувствительные матрицы. Микроболометры.

Тема 8. Селекция излучения. Диспергирующие элементы.

Призма. Дифракционная решетка. Просветляющие покрытия и интерференционные фильтры. Интерференционные спектральные приборы.

Модуль 3. Основы волоконной оптики.

Раздел 3. Основы волоконной оптики.

Лк – 18 час., ЛР – 24 час., КСР – 2 час., СРС – 35 час.

Тема 9. Распространение излучения в волоконных световодах в приближении лучевой оптики.

Принцип работы волоконного световода. Профиль показателя преломления. Световоды со ступенчатым и градиентным профилем показателя

преломления. Апертура световода. Ширина спектра пропускания сигнала (наибольшая частота модуляции). Постоянная распространения. Эффективный показатель преломления. Число мод в световоде. Волноводный параметр. Одномодовые световоды. Условие одномодового режима работы световода. Длина волны отсечки второй моды. Анизотропия в волоконных световодах. Световоды, сохраняющие поляризацию излучения. Двулучепреломление. Эволюция поляризации по длине световода. Микроструктурные и фотонно-кристаллические волокна.

Тема 10. Волновая теория распространения излучения в волоконных световодах.

Волновое уравнение для планарных и цилиндрических волоконных световодов. Граничные условия для векторов напряженности электрического и магнитного полей. Решения волнового уравнения для планарных и цилиндрических световодов. Диаметр поля моды. ТЕ- и ТМ-волны. Дисперсионное соотношение.

Тема 11. Дисперсия и механизмы возникновения потерь в волоконных световодах.

Межмодовая и внутримодовая дисперсия. Хроматическая дисперсия: материальная и волноводная. Длина волны нулевой хроматической дисперсии. Поляризационная модовая дисперсия. Классификация потерь мощности излучения в оптических световодах. Потери на рассеяние и поглощение. Потери на макроизгибах и микроизгибах. Потери при соединении световодов.

Тема 12. Измерение параметров волоконных световодов.

Измерение профиля показателя преломления. Измерение длины волны отсечки. Измерение дисперсии. Измерение диаметра поля моды. Методы измерения двулучепреломления и способности сохранять поляризацию. Измерение спектра оптических потерь в волоконных световодах. Импульсная оптическая рефлектометрия. Бриллюэновская рефлектометрия.

Модуль 4. Применение волоконных световодов. Устройства управления светом.

Раздел 4. Применение волоконных световодов. Устройства управления светом.

Лк – 12 час., ЛР – 8 час., СРС – 23 час.

Тема 13. Волоконные лазеры и усилители.

Активные волоконные световоды и принципы их работы в режиме генерации. Основные схемы волоконных лазеров и усилителей. Характе-

ристики волоконных лазеров и усилителей. Волоконные ВКР-усилители.

Тема 14. Волоконно-оптические датчики.

Датчики на основе интерферометров Фабри-Перо, Маха-Цандера и Майкельсона. Волоконно-оптические датчики на основе интерферометра Саньяка. Волоконно-оптический гироскоп. Волоконно-оптические датчики магнитного поля. Датчики на основе волоконно-оптических брэгговских решеток. Индустриальные приложения оптоволоконных датчиков.

Тема 15. Волоконно-оптические линии связи.

Основные принципы передачи информации при помощи электромагнитных волн. Преимущества волоконной оптики как коммуникационной среды. Спектральное уплотнение каналов.

Тема 16. Устройства управления светом.

Электрооптические и акустооптические световые затворы, жидкокристаллические и полупроводниковые транспаранты, устройства на основе фоторефрактивных сред. Модуляторы. Волоконно-оптические соединители и разветвители. Волоконно-оптические поляризаторы и деполяризаторы. Изоляторы. Мультиплексоры. Оптический транзистор.

4.3 Перечень тем практических занятий

Не предусмотрены.

4.4 Перечень тем лабораторных работ

Таблица 4.2 – Темы лабораторных работ

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование тем лабораторных работ
1	1	Измерение длины волны красной границы фотоэффекта.
2	1	Измерение температуры и интегрального коэффициента излучения черного тела методом спектральных отношений.
3	2	Определение резонансного потенциала методом Франка и Герца.
4	3	Определение степени поляризации излучения полупроводникового лазера.
5	5	Математическое моделирование процесса синхронизации мод резонатора лазера.
6	5	Светодиод. Определение постоянной Планка.
7	7	Фотодиод. Изучение фотодиодного и вентильного режимов работы.
8	7	Определение ширины запрещенной зоны полупровод-

		ника.
8	8	Определение ширины щели и параметров одномерной и двумерной дифракционных решеток.
9	9	Методы создания сколов кварцевых волокон.
10	9	Соединение оптических волокон.
11	11	Измерение потерь излучения при изгибе оптоволокна.
12	11	Измерение поляризационной модовой дисперсии (ПМД) волоконного световода.
13	12	Рефлектометрический метод измерения потерь мощности излучения в волоконных световодах.
14	13	Измерение спектров поглощения и люминесценции активных волоконных световодов.

5 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 конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Изучение дисциплины осуществляется в течение двух семестров, график изучения дисциплины приводится в п. 7.
5. 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.

Таблица 5.1 – Виды самостоятельной работы студентов (СРС)

Номер темы дисциплины	Вид самостоятельной работы студентов	Трудоёмкость, часов
1	2	3
1 - 16	Изучение теоретического материала	36
1 – 3, 5, 7 – 9, 11 – 13	Подготовка к выполнению и защите лабораторных работ	40
1 - 16	Выполнение индивидуальных заданий	40
	Итого: в ч / в ЗЕ	116 / 3,2

5.1. Изучение теоретического материала.

Тематика вопросов, изучаемых самостоятельно.

- Тема 1. Эффект Комптона.
- Тема 2. Сила осцилляторного атомного перехода. Причины уширения линий в спектрах.
- Тема 3. Вывод формул Френеля.
- Тема 4. Газоразрядные лампы.
- Тема 5. Лазеры ультракоротких импульсов.
- Тема 6. Природа шумов в оптических приемниках.
- Тема 7. Квантово-размерные фотоприемники. Светочувствительные матрицы. Микроболометры.
- Тема 8. Просветляющие покрытия и интерференционные фильтры.
- Тема 9. Микроструктурные и фотонно-кристаллические волокна.
- Тема 10. Решения волнового уравнения для цилиндрических волоконных световодов.
- Тема 11. Оптические потери при соединении световодов.
- Тема 12. Методы измерения двулучепреломления и способности сохранять поляризацию.
- Тема 13. Характеристики волоконных лазеров и усилителей. Волоконные ВКР-усилители.
- Тема 14. Индустриальные приложения оптоволоконных датчиков.
- Тема 15. Преимущества волоконной оптики как коммуникационной среды.
- Тема 16. Мультиплексоры и демультиплексоры. Фокусирующие элементы. Оптический транзистор.

Подготовка к ЛР, оформление отчета, подготовка к сдаче отчета и теории к ЛР

- Тема 1. Квантовая теория теплового излучения. Формула Планка для спектральной плотности энергии излучения абсолютно черного тела. Закон Стефана-Больцмана. Фотоэффект и концепция фотона.
- Тема 2. Полуклассическая теория Бора.
- Тема 3. Вывод законов отражения и преломления электромагнитных волн. Явление полного внутреннего отражения. Вывод формул Френеля. Закон Брюстера.
- Тема 5. Принцип действия и основные компоненты лазера. Модовый состав излучения лазеров. Синхронизация мод. Светодиоды и инжекционные полупроводниковые лазеры (ИПЛ). Зонные диаграммы и инжекция носителей через гомо- и гетеропереходы. Ватт-амперные и спектральные характеристики излучения ИПЛ.
- Тема 7. Фотоэлектрические полупроводниковые приемники излучения: фоторезисторы, фотодиоды, лавинные фотодиоды.
- Тема 8. Диспергирующие элементы. Дифракционная решетка.

Тема 9. Принцип работы волоконного световода. Профиль показателя преломления. Световоды со ступенчатым и градиентным профилем показателя преломления. Апертура световода. Ширина спектра пропускания сигнала (наибольшая частота модуляции). Постоянная распространения. Эффективный показатель преломления. Число мод в световоде. Волноводный параметр. Одномодовые световоды. Условие одномодового режима работы световода. Длина волны отсечки второй моды.

Тема 11. Межмодовая и внутримодовая дисперсия. Хроматическая дисперсия: материальная и волноводная. Длина волны нулевой хроматической дисперсии. Поляризационная модовая дисперсия. Потери мощности излучения в оптических световодах на рассеяние и поглощение. Потери на макроизгибах и микроизгибах. Потери при соединении световодов.

Тема 12. Измерение спектра оптических потерь в волоконных световодах. Импульсная оптическая рефлектометрия.

Тема 13. Активные волоконные световоды и принципы их работы в режиме генерации. Основные схемы волоконных лазеров и усилителей.

Подготовка к контрольным работам, тестированию

Теория тем 1 - 16.

5.2. Курсовая работа

Не предусмотрена

5.3. Реферат

Не предусмотрен

5.4 Расчётно-графические работы

Не предусмотрены

5.5. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Виды образовательных технологий, используемые для формирования компетенций:

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

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором учащиеся 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 учащихся на достижение целей занятия.

6 Фонд оценочных средств дисциплины

6.1 Текущий контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Текущий контроль освоения дисциплинарных компетенций проводится в следующих формах:

- опрос, проверочная работа для анализа усвоения материала предыдущей лекции, тестирование;
- оценка работы студента на лекционных и лабораторных занятиях.

6.2 Рубежный и промежуточный контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Рубежный контроль освоения дисциплинарных компетенций проводится по окончании модулей дисциплины в следующих формах:

- защита лабораторных работ (модуль 1: темы 1 - 3; модуль 2: темы 5, 7, 8; модуль 3: темы 9, 11, 12; модуль 4: тема 13);
- защита индивидуальных заданий (модули 1, 2, 3, 4)
- контрольная работа (модули 1, 2, 3, 4);
- тестирование (модули 1, 2, 3, 4);

6.3 Итоговый контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

1) Дифференцированный зачёт по дисциплине

- зачёт с оценкой по дисциплине проводится в виде собеседования по двум, случайно выбранным, вопросам из списка (см. ниже). Допуск к зачёту: выполнение и защита всех лабораторных работ и индивидуальных заданий, положительная оценка за контрольную работу.

2) Экзамен по дисциплине

- экзамен по дисциплине проводится в виде собеседования по двум, случайно выбранным, вопросам из списка (см. ниже). Допуск к экзамену: выполнение и защита всех лабораторных работ, индивидуальных заданий, положительная оценка за контрольную работу.

Вопросы для подготовки к дифференцированному зачету по дисциплине

1. Квантовая теория теплового излучения. Формула Планка для спектральной плотности энергии излучения абсолютно черного тела.
2. Закон Стефана-Больцмана.
3. Фотоэффект и концепция фотона.
4. Эффект Комптона.
5. Полуклассическая теория Бора. Уровни энергии атома водорода.

6. Двухуровневая система в поле теплового излучения. Спонтанное и вынужденное излучение. Коэффициенты Эйнштейна.
7. Дипольное излучение. Мощность дипольного излучения. Правила отбора при дипольном излучении. Сила осцилляторного атомного перехода.
8. Причины уширения линий в спектрах. Естественная ширина спектральной линии.
9. Уравнения Максвелла в среде. Граничные условия. Вывод уравнения электромагнитной волны.
10. Вывод законов отражения и преломления электромагнитных волн. Явление полного внутреннего отражения.
11. Вывод формул Френеля. Закон Брюстера.
12. Классификация источников излучения электромагнитных волн. Тепловые источники. Эффективность излучения тепловых источников в видимом и УФ диапазонах.
13. Дуговой и тлеющий разряды в газах. Газоразрядные лампы.
14. Принцип действия и основные компоненты лазера. Активная среда. Трехуровневые и четырехуровневые лазерные системы. Основные типы лазеров и их характеристики. Применения лазеров.
15. Условие инверсии населенностей. Пороговое условие генерации.
16. Модовый состав излучения. Резонаторы с различными элементами селективного пропускания. Лазеры с перестройкой по частоте.
17. Добротность резонатора. Модуляция добротности резонатора.
18. Синхронизация мод. Лазеры ультракоротких импульсов.
19. Светодиоды и инжекционные полупроводниковые лазеры (ИПЛ). Зонные диаграммы и инжекция носителей через гомо- и гетеропереходы. Ватт-амперные и спектральные характеристики излучения ИПЛ. Квантово-размерные лазеры.
20. Методы анализа излучения: визуальный, фотографический, тепловой, фотоэлектрический. Основные характеристики приемников излучения: порог чувствительности, коэффициент преобразования, постоянная времени и область спектральной чувствительности приемников излучения.
21. Природа шумов в оптических приемниках.
22. Фотографические приемники излучения. Тепловые приемники излучения: болометры, термоэлементы, оптико-акустические и пироэлектрические приемники.
23. Фотоэмиссионные приемники излучения: фотоэлементы и фотоумножители.
24. Фотоэлектрические полупроводниковые приемники излучения: фоторезисторы, фотодиоды, лавинные фотодиоды. Квантово-размерные фотоприемники.
25. Светочувствительные матрицы. Микроболометры.
26. Селекция излучения. Диспергирующие элементы. Призма. Дифракционная решетка.

27. Просветляющие покрытия и интерференционные фильтры. Интерференционные спектральные приборы.

Вопросы для подготовки к экзамену по дисциплине

1. Принцип работы волоконного световода. Профиль показателя преломления. Световоды со ступенчатым и градиентным профилем показателя преломления. Апертура световода.
2. Ширина спектра пропускания сигнала (наибольшая частота модуляции).
3. Постоянная распространения. Эффективный показатель преломления.
4. Число мод в световоде. Волноводный параметр. Одномодовые световоды. Условие одномодового режима работы световода. Длина волны отсечки второй моды.
5. Анизотропия в волоконных световодах. Световоды, сохраняющие поляризацию излучения. Двулучепреломление. Эволюция поляризации по длине световода.
6. Микроструктурные и фотонно-кристаллические волокна.
7. Волновое уравнение для планарных и цилиндрических волоконных световодов. Граничные условия для векторов напряженности электрического и магнитного полей.
8. Решения волнового уравнения для планарных и цилиндрических световодов. ТЕ- и ТМ-волны. Диаметр поля моды.
9. Дисперсионное соотношение.
10. Межмодовая и внутримодовая дисперсия.
11. Хроматическая дисперсия: материальная и волноводная. Длина волны нулевой хроматической дисперсии.
12. Поляризационная модовая дисперсия.
13. Классификация потерь мощности излучения в оптических световодах. Потери на рассеяние и поглощение.
14. Оптические потери на макроизгибах и микроизгибах. Оптические потери при соединении световодов.
15. Измерение профиля показателя преломления.
16. Измерение длины волны отсечки.
17. Измерение дисперсии.
18. Измерение диаметра поля моды.
19. Методы измерения двулучепреломления и способности сохранять поляризацию.
20. Измерение спектра оптических потерь волоконных световодов.
21. Импульсная оптическая рефлектометрия.
22. Бриллюэновская рефлектометрия.
23. Активные волоконные световоды и принципы их работы в режиме генерации.
24. Основные схемы волоконных лазеров и усилителей. Характеристики волоконных лазеров и усилителей.

25. Волоконные ВКР-усилители.
26. Датчики на основе интерферометров Фабри-Перо, Маха-Цандера и Майкельсона.
27. Волоконно-оптические датчики на основе интерферометра Саньяка. Волоконно-оптический гироскоп.
28. Волоконно-оптические датчики магнитного поля.
29. Датчики на основе волоконно-оптических брэгговских решеток.
30. Индустриальные приложения оптоволоконных датчиков.
31. Основные принципы передачи информации при помощи электромагнитных волн. Преимущества волоконной оптики как коммуникационной среды.
32. Спектральное уплотнение каналов.
33. Электрооптические и акустооптические световые затворы, жидкокристаллические и полупроводниковые транспаранты, устройства на основе фоторефрактивных сред. Модуляторы.
34. Волоконно-оптические соединители и разветвители. Мультиплексоры.
35. Волоконно-оптические поляризаторы и деполаризаторы.
36. Изоляторы. Оптический транзистор.

Фонды оценочных средств, включающие типовые задания, контрольные работы, тесты и методы оценки, критерии оценивания, перечень контрольных точек и таблица планирования результатов обучения, позволяющие оценить результаты освоения данной дисциплины, входят в состав РПД в виде приложения.

6.4 Виды текущего, рубежного и итогового контроля освоения элементов и частей компетенций

Таблица 6.1 - Виды контроля освоения элементов и частей компетенций

Контролируемые результаты освоения дисциплины (ЗУВы)	Вид контроля					
	*ТТ	РТ	Контр раб	ЛР	ИЗ	Дифф. зачет; экзамен
В результате освоения компетенции студент						
Знает:						
– основные типы приборов фотоники, принципы их действия, характеристики и параметры; зависимости характеристик и параметров от условий эксплуатации, области применения	+	+				+
– основы анализа и расчета приборов фотоники	+	+				+
– основные технические и технологические решения в области фотоники	+	+				+
Умеет:						
– использовать элементную базу фотоники для построения приборов и устройств фотоники				+		

ИЗ – выполнение индивидуальных заданий (оценка умений и владений)

[illegible]

6 семестр

Виды работы	Распределение часов по учебным неделям																		Итого
	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	
Разделы	Р3											Р4							
Лекции	2	2	2	2	2	2	2	2	2			2	2	2	2	2	2		30
Лаб. занятия	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	2	2	2	2	2				32
КСР											2								2
Изучение теор. материала	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	18
Подготовка ЛР	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	20
Инд. задания	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	20
Модули	М3										М4								
Контр. тестир-е											+								
Дисц. контроль																			Экз.

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

8.1 Карта обеспеченности дисциплины учебно-методической литературой

Б1.Б.19 Основы фотоники (индекс и полное название дисциплины)	Блок 1. Дисциплины (модули)	
	☒ базовая часть блока ☐ вариативная часть блока	☒ обязательная ☐ по выбору студента
12.03.03 (код направления подготовки / специальности)	Фотоника и оптоинформатика / Волоконная оптика (полное название направления подготовки / специальности)	
ФОП (аббревиатура направления / специальности)	Уровень подготовки: ☐ специалист ☒ бакалавр ☐ магистр	Форма обучения: ☒ очная ☐ заочная ☐ очно-заочная
2016 (год утверждения учебного плана ОПОП)	Семестр: <u>5,6</u>	Количество групп: <u>1</u>
Бурдин В.В. (фамилия, имя, отчество преподавателя) Прикладной математики и механики (факультет) Общей физики (кафедра)	Количество студентов: <u>20</u> доцент (должность)	
	<u>89028326914</u> (контактная информация)	

СПИСОК ИЗДАНИЙ
АКТУАЛИЗИРОВАН
14.11.16 *SR*
дата подпись

8.2. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1	2	3
1. Основная литература		
1	Салех Б., Тейх М. Оптика и фотоника. Принципы и применения : учебное пособие : в 2 т. : пер. с англ. / Б. Салех, М. Тейх. — Долгопрудный : Интеллект, 2012.	5
2	Бейли Д. Волоконная оптика: теория и практика. / Д.Бейли, М.: КУДИЦ-ОБРАЗ, 2006. – 320 с.	9
3	Фриман Р. Волоконно-оптические системы связи. / Р. Фриман, М.: Техносфера, 2007. – 512 с.	10
4	Цаплин А.И., Лихачев М.Е. Методы измерений в волоконной оптике. / А.И. Цаплин, М.Е. Лихачев, – Пермь: ПНИПУ, 2011. – 227 с.	10 +ЭБ
5	Иванов Г.А., Первадчук В.П. Технология производства и свойства кварцевых оптических волокон. / Г.А. Иванов, В.П. Первадчук. – Пермь: ПНИПУ, 2011. – 170 с.	10 +ЭБ
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Листвин А.В., Листвин В.Н. Рефлектометрия оптических волокон. / А.В. Листвин, В.Н. Листвин, М.: ЛЕСАРпт, 2005. – 208 с.	3
2	Иванов А.Б. Волоконная оптика: компоненты, системы передачи, измерения. / А.Б. Иванов, М.: САЙРУС СИСТЕМС, 1999. - 671 с.	3
3	Листвин А.В., Листвин В.Н., Швырков Д.В. Оптические волокна для линий связи. / А.В. Листвин, В.Н. Листвин, Д.В. Швырков, М.: ЛЕСАРпт, 2003. – 288 с.	3
4	Звелто О. Принципы лазеров. / О. Звелто, СПб: Лань, 2008. – 719 с.	1
5	Волоконно-оптические датчики. Вводный курс для инженеров и научных работников. Под ред. Э. Удда. М.: Техносфера, 2008. – 518 с	3
6	Айхлер Ю. Лазеры. Исполнение, управление, применение. / Ю. Айхлер, М.: Техносфера, 2008. – 438 с.	3
5	Ландсберг Г.С. Оптика: учебное пособие для вузов / Г. С. Ландсберг. – Физматлит, 2006. – 876 с.	10
6	Желтиков А.М. Микроструктурированные световоды в оптических технологиях. / А.М. Желтиков, М.: Физматлит, 2009. – 191 с.	1
7	Беспрозванных В.Г., Первадчук В.П. Нелинейная оптика: учебное пособие вузов / В. Г. Беспрозванных, В.П. Первадчук. – Пермь: ПНИПУ, 2011. – 199 с.	40
8	Ильинский Ю.А. Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом: учебное пособие вузов / Ю. А. Ильинский, Л. В. Келдыш. – М.: Изд-во МГУ им. Ломоносова, 1989. – 301 с.	4
9	Прикладная физическая оптика: учебное пособие вузов / Под ред. В.А.Москалева. – М.: Политехника, 1995. – 528 с.	9
2.2. Периодические издания		
1	Фотоника: науч.-техн. журнал / Техносфера; Лазерная ассоциация. — М.: Техносфера. 2007–2012. – Ежемесячное.	1
2	Оптический журнал: науч.-техн. журнал / СПб.: ГОИ им. С.И.Вавилова.	1

	2009-2012. – Ежемесячное.	
2.3. Нормативно-технические издания		
	Не используются	
2.4. Официальные издания		
	Не используются	
2.5. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины		
1	Электронная библиотека Научной библиотеки Пермского национального исследовательского политехнического университета [Электронный ресурс : полнотекстовая база данных электрон. документов изданных в Изд-ве ПНИПУ]. – Электрон. дан. (1 912 записей). – Пермь, 2014- . – Режим доступа: http://elib.pstu.ru/ . – Загл. с экрана.	
2	Консультант Плюс [Электронный ресурс : справочная правовая система : документы и комментарии : универсал. информ. ресурс]. – Версия Проф, сетевая. – Москва, 1992– . – Режим доступа: Компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, свободный.	

Основные данные об обеспеченности «21» сентября 2016 г..
(дата составления рабочей программы)

Основная литература ☒ обеспечена ☐ не обеспечена

Дополнительная литература ☒ обеспечена ☐ не обеспечена

Зав. отделом комплектования
научной библиотеки  Н.В. Тюрикова

Данные об обеспеченности на _____
(дата контроля литературы)

Основная литература ☐ обеспечена ☐ не обеспечена

Дополнительная литература ☐ обеспечена ☐ не обеспечена

Зав. отделом комплектования
научной библиотеки _____ Н.В. Тюрикова

8.3. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

8.3.1. Перечень программного обеспечения, в том числе компьютерные обучающие и контролирующие программы

Таблица 8.1 – Используемые аудио- и видео-пособия

Вид аудио-, видео-пособия				Наименование учебного пособия
теле-фильм	кино-фильм	слайды	аудио-пособие	
1	2	3	4	5
		+		<i>Курс лекций</i>

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

9.1 Специализированные лаборатории и классы

Таблица 9.1 – Специализированные лаборатории и классы

№ п.п.	Помещения			Площадь, м ²	Количество посадочных мест
	Название	Принадлежность (кафедра)	Номер аудитории		
1	2	3	4	5	6
1	Лаборатория фотоники (с комплектом компьютеров)	ОФ	252, гл.к.	48	20
2	Мультимедийная учебная аудитория	ОФ	253, гл.к.	34	30
3	Лаборатория оптики и атомной физики	ОФ	256, гл.к.	66	30

9.2 Основное учебное оборудование

Таблица 9.2 – Учебное оборудование

№ п/п	Наименование стенда для проведения лабораторной работы	Кол-во, ед.	Форма приобретения / владения	Номер аудитории
1	Стенд «Измерение длины волны красной границы фотоэффекта».	2	оперативное управление	252
2	Стенд «Измерение температуры и интегрального коэффициента излучения тела методом спектральных отношений».	6	оперативное управление	252
3	Стенд «Определение резонансного потенциала методом Франка и Герца».	2	Оперативное управление	252
4	Стенд «Определение степени поляризации излучения полупроводникового лазера».	6	оперативное управление	252
5	Стенд «Светодиод. Определение постоянной Планка».	2	оперативное управление	256

6	Стенд «Фотодиод. Изучение фотодиодного и вентильного режимов работы».	4	оперативное управление	252
7	Стенд «Определение ширины запрещенной зоны полупроводника».	2	оперативное управление	252
8	Стенд «Определение ширины щели и параметров одномерной и двумерной дифракционных решеток».	6	оперативное управление	252
9	Стенд «Методы создания сколов кварцевых волокон».	1	Оперативное управление	252
10	Стенд «Соединение оптических волокон».	1	Оперативное управление	252
11	Стенд «Измерение потерь излучения при изгибе оптоволокна» на базе универсальной измернительной платформы EXFO FTB-500.	2	Оперативное управление	252
12	Стенд «Измерение поляризационной модовой дисперсии» на базе универсальной измернительной платформы EXFO FTB-500.	2	Оперативное управление	252
13	Стенд «Рефлектометрический метод измерения потерь мощности излучения в волоконных световодах» на базе универсальной измернительной платформы EXFO FTB-500.	2	Оперативное управление	252
14	Стенд «Измерение спектров поглощения и люминесценции активных волоконных световодов» на базе универсальной измернительной платформы EXFO FTB-500.	2	Оперативное управление	252

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Пермский национальный исследовательский политехнический
университет»

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ
«Основы фотоники»
основной профессиональной образовательной программы высшего образования
– программы академического бакалавриата

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Направление подготовки: 12.03.03 Фотоника и оптоинформатика

**Профиль программы
бакалавриата:** Волоконная оптика

Квалификация выпускника: «Бакалавр»

Выпускающая кафедра: Общая физика

Форма обучения: Очная

Курс: 3

Семестр: 5, 6

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану: 8 3Е

Часов по рабочему учебному плану: 288 ч.

Виды промежуточного контроля:

Дифференцированный зачёт: 5 семестр

Экзамен: 6 семестр

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины **«Основы фотоники»** и разработан на основании:

- положения о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ, утвержденного «29» апреля 2014 г.;
- приказа ПНИПУ от 03.12.2015 № 3363-В «О введении структуры ФОС»;

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

1.1. Формируемые части компетенций

Согласно КМВ ОПОП учебная дисциплина Б1.Б.19 «Основы фотоники» участвует в формировании компетенции: ПК-1. В рамках учебного плана образовательной программы в 5-ом и 6-ом семестрах на этапе освоения данной учебной дисциплины формируются следующая дисциплинарная часть компетенции:

1. **ПК-1.Б1.Б.19.** Способность к анализу поставленной задачи исследований в области фотоники

1.2. Этапы формирования дисциплинарных частей компетенций, объекты оценивания и виды контроля

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение двух семестров (5-го и 6-го семестров базового учебного плана) и разбито на 4 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные и лабораторные занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируется компоненты дисциплинарных компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, и которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения (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, сдаче дифференциального зачета в 5-ом семестре и экзамена в 6-ом семестре. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты освоения дисциплины (ЗУВы)	Вид контроля					
	Текущий	Рубежный			Промежуточный	
Усвоенные знания. Знает:	С, ТО	Т	КР	ОЛР, ОИЗ	Дифф. зачет	Экзамен
3.1 – основные типы приборов фотоники, принципы их действия, характеристики и параметры; зависимости характеристик и параметров от условий эксплуатации, области применения;	С, ТО	Т1,Т2			ТВ	ТВ
– основы анализа и расчета приборов фотоники;	С, ТО	Т1,Т2			ТВ	ТВ
– основные технические и технологические решения в области фотоники	С, ТО	Т1,Т2			ТВ	ТВ
Освоенные умения. Умеет:						
У.1 – использовать элементную базу фотоники для построения приборов и устройств фотоники;				ОЛР		
– экспериментально определять основные характеристики и параметры широко используемых приборов и устройств фотоники;				ОЛР ОИЗ		
– решать задачи, связанные с явлениями фотоники, и применять принципы их решения для описания практически важных ситуаций;			КР1 КР2	ОИЗ		
– работать с технической литературой и технической документацией			КР1 КР2	ОЛР ОИЗ		
Приобретенные владения. Владеет:						
В1. – методами постановки задачи и методикой проведения эксперимента с использованием элементов фотоники;				ОЛР		
– приемами и алгоритмами решения задач фотоники;				ОЛР ОИЗ		
– методами исследовательской работы в области фотоники				ОЛР ОИЗ		

С – собеседование по теме; ТО – коллоквиум (теоретический опрос); ОЛР – отчет по лабораторной работе; ОИЗ – отчет по индивидуальным заданиям; Т – рубежное тестирование; КР – контрольная работа; ТВ – теоретический вопрос.

Итоговой оценкой освоения дисциплинарных компетенций (результатов обучения по дисциплине) в 5-ом семестре является промежуточная аттестация в

виде дифференциального зачета, а в 6-ом семестре – в виде экзамена. Дифференциальный зачет и экзамен проводятся с учётом результатов текущего и рубежного контроля.

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

2.1. Текущий контроль

Текущий контроль для оценивания знаниевого компонента дисциплинарных частей компетенций (табл. 1.1) 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, усвоенных умений и приобретенных владений дисциплинарных частей компетенций (табл. 1.1) проводится согласно графика учебного процесса, приведенного в РПД, в форме защиты лабораторных работ и рубежных тестирований (после изучения первого и третьего модулей учебной дисциплины), контрольных работ (после изучения второго и четвертого модулей учебной дисциплины).

2.2.1. Защита лабораторных работ

Всего запланировано 14 лабораторных работ, из них 8 работ 5-ом семестре и 6 работ в 6-ом семестре. Типовые темы лабораторных работ приведены в РПД.

Защита лабораторной работы проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС бакалаврской программы.

2.2.2. Рубежное тестирование

Согласно РПД запланировано 2 рубежных тестирования (Т) после освоения студентами первого и третьего учебных модулей дисциплины. Первое тестирование по модулю 1 «Физические основы фотоники», второе тестирование – по модулю 3 «Основы волоконной оптики».

Типовые задания первого теста:

1. При увеличении абсолютной температуры черного тела в 2 раза плотность энергии излучения
 - 1) увеличивается в 2 раза 2) увеличивается в 4 раза 3) увеличивается в 8 раз
 - 4) увеличивается в 16 раз
2. Температура первого шара равна 300 К, температура второго шара 900 К. Радиус первого шара 1 см, радиус второго шара 2 см. Во сколько раз суммарная мощность теплового излучения второго шара больше, чем первого? Шары считать черными телами.
 - 1) 36 2) 12 3) 324 4) 6
3. При какой температуре максимум спектральной плотности излучения приходится на длину волны 1,45 мкм?

- 1) **2000 К** 2) 300 К 3) 3000 К 4) 200 К
4. Длина волны падающего на металл излучения уменьшается в 2 раза. Как при этом изменится работа выхода электронов из металла?
 1) **не изменится** 2) увеличится в 2 раза 3) уменьшится в 2 раза
 4) уменьшится в 4 раза
5. Максимальная кинетическая энергия электронов, вылетающих из металла под действием света равна 1 эВ. Работа выхода электронов из металла равна 2 эВ. Длину волны падающего на металл света увеличивают в два раза. Чему будет равна кинетическая энергия вылетающих из металла электронов?
 1) 3 эВ 2) 4 эВ 3) 6 эВ 4) **фотоэффекта не будет**
6. Некоторый полупроводниковый фотоприемник может зафиксировать излучение с максимальной длиной волны 2,5 мкм. Определите ширину запрещенной зоны полупроводника, на основе которого сделан фотоприемник.
 1) 1 эВ 2) 0,5 эВ 3) 2 эВ 4) 1,5 эВ
7. Мощность спонтанного излучения пропорциональна
 1) первой степени частоты 2) второй степени частоты 3) третьей степени частоты
 4) **четвертой степени частоты**
8. Вероятность спонтанного излучения за единицу времени первого перехода в 2 раза больше, чем второго. Частоты переходов одинаковы. Тогда коэффициент Эйнштейна вынужденного излучения для первого перехода по сравнению со вторым переходом
 1) в 4 раза больше 2) в 4 раза меньше 3) в 2 раза меньше 4) **в 2 раза больше**
9. Определите отношение длин волн излучений при переходах электрона в атоме водорода с четвертой боровской орбиты на первую и со второй боровской орбиты на первую ($\lambda_{41}/\lambda_{21}$).
 1) 1,5 2) 2 3) **1,25** 4) 4
10. Радиоволны нормально падают на поверхность озера. Какая часть энергии радиоволн проникает в воду? Диэлектрическая проницаемость воды равна 81.
 1) 9 % 2) **36 %** 3) 2 % 4) 81 %

Типовые задания второго теста:

1. Показатель преломления сердцевины оптического световода равен 1,45, а показатель преломления оболочки – 1,48. Под каким максимальным углом к оси световода может распространяться излучение?
 1) **11,5°** 2) 5,5° 3) 15° 4) 18,5°
2. Показатель преломления сердцевины оптического световода 1,46, а показатель преломления оболочки 1,47. По каким максимальным углом к оси световода можно вводить излучение из воздуха, чтобы оно распространялось вдоль его сердцевины?
 1) **2°** 2) 9,8° 3) 5,4° 4) 1°
3. Определите ширину спектра пропускания оптического световода, если его длина 3 км, показатель преломления сердцевины 1,46, а оболочки – 1,47.
 1) 30 МГц 2) 60 МГц 3) 20 МГц 4) **10 МГц**
4. Определите количество мод, которые могут распространяться по плоскому оптическому световоду с апертурой 0,15, если диаметр световода $d=8\lambda$, где λ - длина волны излучения.
 1) **2** 2) 1 3) 3 4) 4
5. Как изменится волноводный параметр оптического световода, если его апертуру увеличить в 2 раза, а также в 2 раза увеличить его диаметр?
 1) не изменится 2) **увеличится в 4 раза** 3) увеличится в 2 раза

- 4) уменьшится в 2 раза
6. Как изменится ширина полосы пропускания волоконного световода, если ширину спектра источника излучения увеличить в 2 раза?
- 1) не изменится
 - 2) увеличится в 2 раза
 - 3) увеличится в 4 раза
 - 4) **уменьшится в 2 раза**
7. Величина хроматической дисперсии составляет 15 пс/нм·км. Определите уширение импульса спектральной шириной 10 нм после прохождения 100 км световода.
- 1) 15 пс
 - 2) **15 нс**
 - 3) 30 пс
 - 4) 30 нс
8. Величина поляризационной модовой дисперсии длинного отрезка волоконного световода составляет 1 пс. Чему будет равна величина поляризационной модовой дисперсии для двух таких соединенных отрезков?
- 1) **1,4 пс**
 - 2) 1 пс
 - 3) 4 пс
 - 4) 2 пс
9. Оптические потери 20 дБ означают, что
- 1) мощность излучения уменьшилась в 2 раза
 - 2) мощность излучения уменьшилась в 20 раз
 - 3) **мощность излучения уменьшилась в 100 раз**
 - 4) мощность излучения уменьшилась в 10 раз
10. При увеличении длины волны в 2 раза оптические потери за счет рэлеевского рассеяния
- 1) уменьшаются в 2 раза
 - 2) увеличиваются в 2 раза
 - 3) **уменьшаются в 16 раз**
 - 4) увеличиваются в 4 раза

2.2.3. Контрольная работа

Согласно РПД запланировано две контрольных работы по окончании модулей 2 и 4. Первая контрольная работа включает в себя темы первого модуля «Физические основы фотоники» и темы второго модуля «Источники и приемники электромагнитного излучения». Вторая контрольная работа включает в себя темы третьего модуля «Основы волоконной оптики» и четвертого модуля «Применение волоконных световодов. Устройства управления светом».

Типовой вариант первой контрольной работы:

ВАРИАНТ 1.

1. Естественный свет падает из воздуха ($n=1,5$) на границу раздела стекло-воздух. 1) Определите угол Брюстера. 2) Определите долю проходящей и отраженной интенсивности света при нормальном падении на поверхность стекла.
2. Согласно теории теплового излучения энергия каждого полевого осциллятора частоты ω : $E=N\hbar\omega$, где N – целое число, характеризующее степень возбуждения полевого осциллятора. Определите частоту полевых осцилляторов ω , для которых при комнатной температуре $T \approx 300$ К среднее значение степени возбуждения $\langle N \rangle = 1$. Определите плотность состояний таких осцилляторов.
3. В лазерной системе генерация осуществляется по четырехуровневой схеме. Разница энергий между самым высоким уровнем 4 и уровнями 1, 2 и 3 составляет: $E_{41}=3,5$ эВ, $E_{42}=3$ эВ, $E_{43}=1$ эВ. Определите длину волны накачки и длину волны лазерного перехода.

4. Определите спектральное расстояние между продольными модами резонатора лазера для длины волны 1 мкм при длине резонатора 40 см.
5. Работа выхода электрона из кислородно-серебряно-цезиевого фотокатода составляет 0,75 эВ. На фотоприемник на основе такого фотокатода падает излучение с длинами волн 500 нм, 1 мкм и 2 мкм. Какое излучение может зарегистрировать приемник?

Типовой вариант второй контрольной работы:

ВАРИАНТ 1.

1. Уровень затухания сигнала, распространяющегося по волоконному световоду, составляет 0,2 дБ/км. Ретранслятор (усилитель сигнала) установлен в линии в том месте, где мощность сигнала уменьшается в 12 раз. На каком расстоянии от начала линии установлен ретранслятор?
2. Плоский световод представляет собой кварцевую пластинку, показатель преломления сердцевины которой равен 1,46, а оболочки, легированной примесями, - 1,41. Источник излучения находится в воздухе на оси симметрии пластинки и расположен практически вплотную к пластинке так, что свет от источника падает на левый торец пластинки под всевозможными углами в диапазоне $0-90^\circ$. Длина пластины 2 м, ширина её сердцевины 1 см. Какое максимальное число отражений от боковых граней пластинки может испытать луч от источника, выходящий через правый торец пластинки?
3. По планарному волноводу распространяется излучение с длиной волны 1,55 мкм. Пятая мода (без учета удвоения мод за счет состояний поляризации) распространяется так, что угол падения лучей на границу сердцевина – оболочка практически равен критическому углу 85° . Показатель преломления оболочки световода 1,475. Определите толщину волновода.
4. Настройки некоторого рефлектометра - время импульса и время усреднения – можно изменять в диапазонах от 10 нс до 10 мкс и от 10 с до 3 мин соответственно. Максимальный динамический диапазон рефлектометра 37 дБ. Для экономии времени экспериментатор Александр выбрал время усреднения равным 20 с измерил рефлектограмму некоторого волоконного световода длиной 10 км на длине волны 1,55 мкм с максимальным пространственным разрешением. Корректно ли Александр провел измерения, если средние потери мощности в волокне составляют 0,3 дБ/км? На какое пространственное разрешение рассчитывал Александр?
5. Коэффициент материальной дисперсии некоторого световода длины при использовании источника с длиной волны 1,55 мкм и спектральной шириной 8 нм равен $-33 \text{ пс}/(\text{км}\cdot\text{нм})$. При этом ширина полосы пропускания световода составляет 2,5 ГГц. При использовании источника с длиной волны 1,3 мкм и спектральной шириной 10 нм коэффициент материальной дисперсии стал равным $-25 \text{ пс}/(\text{км}\cdot\text{нм})$. Ширина полосы пропускания при этом составила 10 ГГц. Определите длину световода

световода, считая коэффициент волноводной дисперсии примерно постоянным, т.е. не зависящем от длины волны.

Типовые шкала и критерии оценки результатов рубежного тестирования приведены в общей части ФОС бакалаврской программы.

2.3. Выполнение комплексного индивидуального задания на самостоятельную работу

Для оценивания навыков и опыта деятельности (владения), как результата обучения по дисциплине, не имеющей курсового проекта или работы, используется индивидуальное комплексное задание студенту.

Типовые шкала и критерии оценки результатов защиты индивидуального комплексного задания приведены в общей части ФОС бакалаврской программы.

2.4. Промежуточная аттестация

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.

2.4.1. Процедура промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация проводится в 5-ом семестре в форме дифференциального зачета. Дифференциальный зачет проводится в устной форме по билетам. Билет включает два теоретических вопроса.

Промежуточная аттестация в 6-ом семестре также проводится в устной форме по билетам. Билет включает два теоретических вопроса и задачу.

2.4.2. Типовые вопросы и задания для дифференциального зачета и экзамена по дисциплине

Типовые вопросы для дифференциального зачета:

Промежуточная аттестация проводится в 5-ом семестре в форме дифференциального зачета. Дифференциальный зачет проводится в устной форме по билетам. Билет включает два теоретических вопроса.

Промежуточная аттестация в 6-ом семестре также проводится в устной

Типовой экзаменационный билет:

2.4.2. Типовые вопросы и задания для зачета по дисциплине

Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. Коэффициенты Эйнштейна и их физический смысл.
2. Что такое добротность резонатора лазера? С какой целью применяется модуляция добротности?
3. В чем преимущество четырехуровневой схемы работы лазера по сравнению с трехуровневой?

4. Объясните что такое перестройка лазера по частоте. Можно ли перестроить лазер на любую частоту? Приведите два любых варианта перестройки лазера по частоте.
5. Фоторезистор. Принцип работы. Схема включения.

Типовой экзаменационный билет:



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

12.03.03 Фотоника и оптоинформатика

Волоконная оптика

Кафедра «Общая физика»

Дисциплина «Основы фотоники»

БИЛЕТ № 1

1. Волноводная дисперсия.
2. Уравнения Максвелла для плоских электромагнитных волн в среде. Вывод дифференциального уравнения для электромагнитных волн.
3. На подложку из арсенида галлия с показателем преломления 3,60 нанесен планарный волновод толщиной 2,4 мкм. Каков должен быть показатель преломления подложки для того, чтобы волновод был одномодовым для длины волны 1,55 мкм?

2.4.3. Шкалы оценивания результатов обучения на зачете

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

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

3. Оценка уровня сформированности компонентов дисциплинарных компетенций

При оценке уровня сформированности дисциплинарных компетенций в рамках выборочного контроля при зачете считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете дисциплинарной компетенции обобщается на соответствующий компонент всех дисциплинарных компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Общая оценка уровня сформированности всех дисциплинарных 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 магистерской программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в 5-ом семестре в виде дифференциального зачета используются следующие критерии.

$$ОЗ = 0.5 * ОЗЗ + 0.3 * ОЗР + 0.2 * ОЗТ,$$

где ОЗ – общая оценка уровня сформированности знаний, ОЗЗ – оценка знаний при ответе на билет зачета, ОЗР – средняя оценка знаний при рубежных тестированиях, ОЗТ – оценка знаний при текущем контроле

(Все оценки по 4-х балльной шкале 2,3,4,5)

$$ОУ = 0.25 * ОУЛ + 0.25 * ОУИЗ + 0.5 * ОУКР$$

где ОУ – общая оценка уровня сформированности умений, ОУЛ – оценка умений по итогам защиты лабораторных работ, ОУИЗ – оценка умений по итогам защиты индивидуальных заданий, ОУКР – оценка умений по итогам контрольной работы.

$$ОВ = 0.5 * ОВЛ + 0.5 * ОВИЗ$$

Где ОВ – общая оценка уровня сформированности владений, ОВЛ – оценка владений по итогам защиты лабораторных работ, ОВИЗ – оценка владений по итогам защиты индивидуальных заданий.

Приводим формулу пересчета ОЗ, ОУ и ОВ в итоговую оценку за 5-й семестр:

$$\text{Итоговая Оценка} = 0.45 * ОЗ + 0.35 * ОУ + 0.2 * ОВ$$

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в 6-ом семестре в виде дифференциального зачета используются следующие критерии.

$$ОЗ = 0.5 * ОЗЭ + 0.3 * ОЗР + 0.2 * ОЗТ,$$

где ОЗ – общая оценка уровня сформированности знаний, ОЗЭ – оценка знаний при ответе на билет экзамена, ОЗР – средняя оценка знаний при рубежных тестированиях, ОЗТ – оценка знаний при текущем контроле

(Все оценки по 4-х балльной шкале 2,3,4,5)

$$ОУ = 0.25 * ОУЛ + 0.25 * ОУИЗ + 0.5 * ОУКР$$

где ОУ – общая оценка уровня сформированности умений, ОУЛ – оценка умений по итогам защиты лабораторных работ, ОУИЗ – оценка умений по итогам защиты индивидуальных заданий, ОУКР – оценка умений по итогам контрольной работы.

$$ОВ = 0.5 * ОВЛ + 0.5 * ОВИЗ$$

Где ОВ – общая оценка уровня сформированности владений, ОВЛ – оцен-

ка владений по итогам защиты лабораторных работ, ОВИЗ – оценка владений по итогам защиты индивидуальных заданий.

Приводим формулу пересчета ОЗ, ОУ и ОВ в итоговую оценку за 6-й семестр:

$$\text{Итоговая Оцка} = 0,45 * \text{ОЗ} + 0,35 * \text{ОУ} + 0,2 * \text{ОВ}$$

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

Факультет прикладной математики и механики
Кафедра Общая Физика

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ

«Основы фотоники»

основной профессиональной образовательной программы высшего образования
– программы академического бакалавриата

Методические указания по освоению дисциплины *«Основы фотоники»*

Направление подготовки:	<u>12.03.03 Фотоника и оптоинформатика</u>
Профиль программы бакалавриата:	<u><i>Волоконная оптика</i></u>
Квалификация выпускника:	<u>Бакалавр</u>
Выпускающая кафедра:	<u>Общая физика</u>
Форма обучения:	<u>Очная</u>

Курс: 3 **Семестр:** 5,6

Трудоёмкость:

- | | |
|--|-------|
| - кредитов по рабочему учебному плану: | 8 ЗЕ |
| - часов по рабочему учебному плану: | 288 ч |

Виды промежуточного контроля:

Экзамен: **6 сем.** Диф. зачёт: **- 5 сем.** Курсовой проект: - Курсовая работа:

Методические указания по освоению дисциплины обучающимися являются частью УМК (приложением 2 к рабочей программе) дисциплины **«Основы фотоники»** и разработаны на основании:

- положения о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ, утвержденного «29» апреля 2014 г.;

1. Рекомендации по использованию материалов учебно-методического комплекса

Учебно-методический комплекс дисциплины (УМК) включает в себя:

- рабочую программу дисциплины (РПД);
- фонд оценочных средств (ФОС) – Приложение 1 к РПД;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины – Приложение 2 к РПД (настоящий документ);
- учебно-методические разработки: методические рекомендации по изучению теоретического материала и выполнению практических работ, электронные образовательные ресурсы.

РПД – учебная программа, утвержденная научно-методическим советом направления (НМСН) для изучения дисциплины. Она определяет цели и задачи дисциплины, формируемые в ходе ее изучения компетенции и их компоненты, содержание изучаемого материала, виды занятий и объем выделяемого учебного времени, а также порядок изучения и преподавания учебной дисциплины.

Для самостоятельной учебной работы студента важное значение имеют разделы «Содержание дисциплины» и «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины». В первом указываются разделы и темы изучаемой дисциплины, а также виды занятий и планируемый объем (в академических часах), во втором – рекомендуемая литература и электронные образовательные ресурсы. Работая с РПД, необходимо обратить внимание на следующее:

- некоторые разделы или темы дисциплины не разбираются на лекциях, а выносятся на самостоятельное изучение по рекомендуемой учебной литературе и учебно-методическим разработкам;

- усвоение теоретических положений, методик, расчетных формул, входящих в самостоятельно изучаемые темы дисциплины, необходимо самостоятельно контролировать с помощью вопросов для самоконтроля, приведенных в учебно-методических материалах;

- содержание тем, вынесенных на самостоятельное изучение, в обязательном порядке входит составной частью в темы текущего и промежуточного контроля;

- каждому часу аудиторных занятий в РПД соответствует 2 часа самостоятельной работы для выполнения домашнего задания.

ФОС дисциплины предназначены для использования обучающимися и вузом при оценивании результативности и качества учебного процесса, образовательных программ, степени их адекватности условиям будущей профессиональной деятельности.

ФОС текущего контроля используется для оперативного и регулярного управления учебной деятельностью (в том числе самостоятельной) студентов. В условиях рейтинговой системы контроля результаты текущего оценивания студента используются как показатель его текущего рейтинга.

ФОС промежуточной (семестровой) аттестации обучающихся по модулю (дисциплине) предназначен для оценки степени достижения запланированных результатов обучения по завершению изучения дисциплины в установленной учебным планом форме: экзамен, зачет, курсовая работа (проект).

Учебно-методические разработки – учебные материалы различного вида и назначения, разработанные сотрудниками кафедры или взятые из внешних источников, которые рекомендуются для использования студентами при изучении теоретического курса, решении практических задач. Эти материалы доступны студенту в электронной форме в режиме чтения. Сканировать фрагменты учебно-методических разработок и вставлять в свою работу запрещается.

Следует понимать, что учебно-методические разработки отражают лишь основное содержание изучаемой дисциплины и без проработки учебной литературы не могут обеспечить требуемый объем знаний. Особое внимание следует уделять выполняемым практическим работам и соответствующим комментариям, изложенным в методических рекомендациях.

2. Описание последовательности действий студента

Приступая к изучению дисциплины необходимо в первую очередь ознакомиться содержанием РПД, где в разделе «Содержание дисциплины» приведено общее распределение часов аудиторных занятий и самостоятельной работы по темам дисциплины и видам занятий.

Залогом успешного освоения дисциплины является посещение лекционных и практических занятий, лабораторных работ. Пропуск одного, а, тем более, нескольких занятий может осложнить освоение разделов курса.

Лекции имеют целью дать систематизированные основы научных знаний по содержанию дисциплины. При изучении и проработке теоретического материала необходимо:

- повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;
- при самостоятельном изучении теоретической темы подготовить конспект, используя рекомендованные в РПД литературные источники и электронные образовательные ресурсы (ЭОР);
- ответить на контрольные вопросы по теме, представленной в учебно-методической разработке, входящей в состав УМК;
- при подготовке к текущему контролю использовать материалы ФОС;
- при подготовке к промежуточной аттестации, использовать материалы ФОС (раздел "Вопросы для проведения промежуточной аттестации").

Практические занятия (лабораторные работы, семинары, занятия по решению задач) проводятся с целью углубления и закрепления знаний, полученных на лекциях и в процессе самостоятельной работы над нормативными документами, учебной и научной литературой, посредством выполнения экспериментальных исследований и других практических работ.

При подготовке к практическому занятию необходимо:

- изучить или повторить лекционный материал по соответствующей теме;
- изучить материалы учебно-методических разработок лабораторного практикума по заданной теме, уделяя особое внимание методике экспериментального измерения;
- при выполнении домашних расчетных заданий изучить, повторить типовые задания, выполнявшиеся на аудиторных занятиях.

Просмотр учебных видеофильмов может проводиться в ходе любых видов занятий. Он имеет целью дать наглядное представление об изучаемых явлениях и технических разработках, основанных на этих явлениях.

3. Виды контроля, контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения

3.1. Текущий контроль

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

Результаты оценки успеваемости заносятся в рейтинговую ведомость и доводятся до сведения студентов. Студентам, не получившим зачетное количество баллов по текущему контролю, выдаются дополнительные задания на зачетном занятии в промежуточную аттестацию.

В случае пропусков занятий студенты должны представить конспект пропущенного занятия и пройти собеседование по его теме.

3.2. Рубежный контроль

Рубежный контроль для комплексного оценивания уровня знаний, умений и владений студентов проводится согласно графика учебного процесса, приведенного в РПД, в формах выполнения и защиты лабораторных работ, индивидуальных заданий, а также проведения контрольной работы и тестирования после изучения каждого модуля учебной дисциплины.

3.2.1. Защита индивидуальных заданий и лабораторных работ

Защита индивидуальных заданий и лабораторных работ позволяет оценить умение и владение обучающегося излагать суть поставленной задачи, самостоятельно применять стандартные методы решения задач и постановки экспериментов, проводить анализ результата работы, обрабатывать экспериментальные данные. Трудоемкость индивидуальных заданий и лабораторных работ указана в РПД. По результатам выполнения индивидуальных заданий и лабораторных работ обучающийся формирует письменный отчет. Оценка уровня сформированности компетенций производится путем проверки содержания и качества оформления отчета по индивидуальному заданию и каждой лабораторной работе и индивидуальной защиты полученных результатов. Шкалы и критерии оценки приведены в ФОС.

3.2.2. Рубежное тестирование и контрольная работа

Являются средством проверки умений применять полученные знания при решении задач определенного типа по разделу или модулю учебной дисциплины.

Количество проводимых контрольных мероприятий и их темы указаны в РПД. Примеры материалов для проведения рубежного контроля, шкалы и критерии оценки его результатов приведены в ФОС.

3.3. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация проводится в виде сдачи дифференцированного зачета в 5 семестре и сдачи экзамена в 6 семестре.

3.3.1. Дифференцированный зачет

Условием допуска к зачету является успешная сдача всех лабораторных работ, индивидуальных заданий и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

Дифференцированный зачет проводится в устной форме по билетам. Билет включает два теоретических вопроса для проверки усвоенных знаний. Билет содержит вопросы, оценивающие уровень сформированности *всех* заявленных дисциплинарных компетенций. Типовые вопросы и задания, предназначенные для контроля усвоения знаний, а также форма билета представлены в ФОС дисциплины. Полный перечень теоретических вопросов в форме утвержденного комплекта экзаменационных билетов хранится на выпускающей кафедре.

3.3.2. Экзамен

Допуск к экзамену осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями являются успешная защита всех индивидуальных заданий, лабораторных работ и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

Экзамен проводится в устной форме по билетам. Билет содержит два теоретических вопроса и практическое задание (задачу) для проверки усвоенных знаний. Билет содержит вопросы и практические задания, оценивающие уровень сформированности *всех* заявленных дисциплинарных компетенций. Типовые вопросы и задания, предназначенные для контроля усвоения знаний и освоения умений, а также форма билета представлены в ФОС дисциплины. Полный перечень теоретических вопросов и практических заданий в форме утвержденного комплекта экзаменационных билетов хранится на выпускающей кафедре.

Шкалы и критерии оценки результатов промежуточной аттестации приведены в ФОС. Итоговая оценка по дисциплине определяется как сумма оценок, полученных в ходе текущего и рубежного контроля, а также результатов ответа на вопросы зачетного или экзаменационного билета. Проверка ответов и объявление результатов производится в день сдачи дифференцированного или экзамена. Результаты аттестации заносятся в экзаменационно-зачетную ведомость и зачетную книжку студента (при получении оценки). Студенты, не прошедшие промежуточную аттестацию по графику сессии, должны ликвидировать задолженность в установленном порядке.

4. Критерии оценивания уровня сформированности дисциплинарных компетенций и их компонентов

4.1. Оценка уровня сформированности компонентов дисциплинарных компетенций

При оценке уровня сформированности дисциплинарных компетенций в рамках выборочного контроля на зачете или экзамене считается, что полученная оценка за компонент проверяемой в билете дисциплинарной компетенции обобщается на соответствующий компонент всех дисциплинарных компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.

4.2. Оценка уровня сформированности дисциплинарных компетенций

Общая оценка уровня сформированности дисциплинарных 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. Результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

5. Рекомендации по работе с литературой и источниками

Работу с литературой следует начинать с анализа РПД, содержащей список основной и дополнительной литературы, а также знакомства с учебно-методическими разработками, входящими в состав УМК.

В случае возникновения затруднений в понимании учебного материала следует обратиться к другим источникам, где изложение может оказаться более доступным.

Работа с литературой не только полезна как средство более глубокого изучения любой дисциплины, но и является неотъемлемой частью профессиональной деятельности будущего выпускника.

Лист регистрации изменений

№ п.п.	Содержание изменения	Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой
1	2	3
1	<i>Обновлен состав профессиональных баз данных, информационных справочных систем и состав лицензионного программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине</i>	01.09.2017, Протокол №1  А.В. Перминов
2		
3		
4		