

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ, ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ЭЛЕКТРОНИКИ

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета
 В.Д.Кревчик
(Подпись) (Фамилия, инициалы)
« 11 » 02 2016 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б.1.2.15.2 «ПРИЕМНИКИ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ»

(индекс дисциплины по учебному плану, наименование дисциплины (модуля))

Направление подготовки **12.03.05 «Лазерная техника и лазерные технологии»**
(код, наименование направления подготовки)

Профиль подготовки **«Лазерная техника и лазерные технологии»**
(наименование профиля подготовки)

Квалификация (степень) выпускника – **Бакалавр**

Форма обучения **очная**

Пенза, 2016

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины (модуля) «Приемники оптического излучения» является формирование **профессиональных компетенций**:

ПК-7: *«готовность к участию в монтаже, наладке настройке, юстировке, испытаниях, сдаче в эксплуатацию опытных образцов, сервисном обслуживании и ремонте техники».*

2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина «Приемники оптического излучения» «относится к профильному циклу Б.1.2.15.2 (дисциплины по выбору студентов). Данная дисциплина базируется на знаниях, полученных в ходе изучения курсов «Информатика», «Основы лазерной техники», «Информационные технологии», «Компьютерные технологии в приборостроении», «Основы проектирования приборов и систем». Учебная дисциплина «Лазерные устройства для получения и передачи информации» готовит студента к освоению профессиональной компетенции ПК-7.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО по данному направлению:

Коды компетенции	Наименование компетенции	Структурные элементы компетенции (в результате освоения дисциплины обучающийся должен знать, уметь, владеть)
1	2	3
ПК-7	<i>готовность к участию в монтаже, наладке настройке, юстировке, испытаниях, сдаче в эксплуатацию опытных образцов, сервисном обслуживании и ремонте техники</i>	Знать: основные тенденции и направления развития световой, оптической и лазерной техники, оптического и светотехнического материаловедения и оптических и светотехнических технологий; элементную базу оптических и светотехнических систем, оптической и световой техники; основные виды источников и приемников оптического излучения. Уметь: получать необходимую информацию об объектах с использованием современных методов и средств исследований, технологических приемов, автоматизации и обработки данных; использовать оптические контрольно-измерительные приборы для решения поставленных задач; осуществлять корректный выбор элементов оптических систем, источников и приёмников оптического излучения. Владеть: (приобрести опыт) работы с лазерами, фотоприемными устройствами и фотометрами.

4. Структура и содержание дисциплины (модуля) «Приемники оптического излучения»

4.1. Структура дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

№ п/п	Наименование разделов и тем дисциплины (модуля)	Семестр	Недели семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра)			
				Аудиторная работа			Самостоятельная работа			Собеседование	Проверка лабораторных работ	Проверка практических работ	Проверка курсовых работ
				Всего	Лекция	Лабораторные занятия	Всего	Подготовка к аудиторным занятиям	Подготовка к экзамену				
1	Основные светотехнические термины. Перспективы применения оптического излучения. Дальность действия ОЭП и радиосистем при одинаковых габаритах и энергоемкости.	7	1	4	2	2	6	4	2	+			
2	Приёмники оптического излучения. Классификация, принципы работы, параметры и характеристики. Астрофизические величины и связь их с энергетическими и световыми.	7	2	4	2	2	6	4	2	+		+	
3	Энергетические и световые величины и единицы их измерения. Связь между световыми и энергетическими величинами. КПД глаза и интегральная чувствительность. Коэффициент максимальной световой эффективности.	7	3	4	2	2	6	4	2	+	+		
4	Закон Ламберта и его следствие. Изохроматы, изотермы, изорады. Закон Бугера. Связь между коэффици-	7	4	4	2	2	6	4	2	+		+	

	ентами поглощения, пропускания, отражения и рассеяния для полупрозрачных тел.												
5	Расчёт коэффициентов пропускания излучения через воздушную среду.	7	5	4	2	2	6	4	2	+	+		
6	Классификация приёмников оптического излучения (ПОИ), параметры чувствительности ПОИ. Пороговые и шумовые параметры ПОИ. Временные параметры приёмников излучения. Спектральные параметры ПОИ. Эксплуатационные параметры ПОИ.	7	6	4	2	2	6	4	2	+		+	
7	Спектральные характеристики ПОИ. Частотные характеристики ПОИ. Фазовые, температурные, временные и пространственные характеристики, угловая характеристика чувствительности ПОИ.	7	7	4	2	2	6	4	2	+	+		
8	ПОИ на внутреннем фотоэффекте. Ширина запрещенной зоны. Примесные уровни в запрещенной зоне. Принцип действия фоторезисторов, характеристики. Относительная чувствительность фоторезисторов.	7	8	4	2	2	6	4	2	+		+	
9	Фотодиоды. Принцип действия и схемы включения. Вывод уравнения полного тока фотодиода в фотогальваническом режиме. Определение максимальной вольтовой чувствительности в режиме холостого хода.	7	9	4	2	2	8	4	4	+	+		
10	Работа фотодиодов в фотодиодном режиме, вольт-амперные характеристики (ВАХ), выбор нагрузки исходя из максимальной вольтовой чувствительности. Достоинства и недостатки фотогальванического и фотодиодного режимов. Соотношение их максимальных вольтовых чувствительностей. Особенности работы фотодиодов с разделённой нагрузкой по постоянной (по фону) и переменной (по переменному сигналу от цели) нагрузкам.	7	10	4	2	2	6	4	2	+		+	
11	Вольтамперные характеристики фотодиодов в фотогальваническом и фотодиодном режимах. Выбор нагрузки фотодиодов в фотодиодном режиме, шумы, постоянная времени, спектральная чувствительность.	7	11	4	2	2	6	4	2	+	+		

	Высокочастотные ПОИ: р-і-п-фотодиоды, поверхностно барьерные фотодиоды, лавинные фотодиоды.												
12	Принцип действия фототранзисторов, их параметры и характеристики. Фотоприёмники на базе сложных соединений, приемники на основе тройных соединений, многослойные (многоцветные) и двухэлементные координатные приемники излучения. Принцип действия фото-потенциометров. Функциональные фоторезисторы и фотодиоды.	7	12	4	2	2	8	4	4	+		+	
13	Принцип действия, параметры и характеристики приборов с зарядовой связью (ПЗС), схемы их включения. Приборы с зарядовой инжекцией, гибридные приёмники излучения, принцип действия, параметры и характеристики.	7	13	4	2	2	6	4	2	+	+		
14	Принцип действия, Параметры и характеристики приёмников на внешнем фотоэффекте Основные законы внешнего фотоэффекта. Фотоэлементы. Устройство, схемы включения, выбор нагрузки. Принцип действия параметры и характеристики фотоэлектронных умножителей (ФЭУ) и их разновидности. Диодные системы. Катодные камеры, коэффициент усиления ФЭУ.	7	14	4	2	2	6	4	2	+		+	
15	Импульсные и частотные характеристики ФЭУ. Шумы и пороговая чувствительность ФЭУ, Схемы питания. Канальные ФЭУ, типы фотокатодов. Устройство, назначение и принцип действия электронно-оптических преобразователей(ЭОП). Параметры и характеристики ЭОП. Тепловые приёмники излучения. Термоэлементы. Принцип действия и схемы включения термоэлементов. Их параметры и характеристики	7	15	4	2	2	6	4	2	+	+		
16	Принцип действия и схемы включения металлических и полупроводниковых болометров. Выбор нагрузки. Шумы болометров. Постоянная времени и спектральные характеристики. Принцип действия, устрой-	7	16	4	2	2	6	4	2	+		+	

	ство, параметры и характеристики приёмников на основе термоупругого эффекта в кристаллическом кварце.												
17	Оптико-акустические приёмники излучения (ОАП). Принцип действия параметры и характеристики.	7	17	8	4	4	8	4	4	+	+		
	<i>Подготовка к экзамену</i>	7	18										
	Общая трудоемкость, в часах			72			108			Промежуточная аттестация			
										Форма	Семестр		
										Экзамен	7		

4.2. Содержание дисциплины (модуля)

4.2.1	Основные светотехнические термины. Перспективы применения оптического излучения. Дальность действия ОЭП и радиосистем при одинаковых габаритах и энергоемкости.
4.2.2	Приёмники оптического излучения. Классификация, принципы работы, параметры и характеристики. Астрофизические величины и связь их с энергетическими и световыми.
4.2.3	Энергетические и световые величины и единицы их измерения. Связь между световыми и энергетическими величинами. КПД глаза и интегральная чувствительность. Коэффициент максимальной световой эффективности.
4.2.4	Закон Ламберта и его следствие. Изохроматы, изотермы, изорады. Закон Бугера. Связь между коэффициентами поглощения, пропускания, отражения и рассеяния для полупрозрачных тел.
4.2.5	Расчёт коэффициентов пропускания излучения через воздушную среду.
4.2.6	Классификация приёмников оптического излучения (ПОИ), параметры чувствительности ПОИ. Пороговые и шумовые параметры ПОИ. Временные параметры приёмников излучения. Спектральные параметры ПОИ. Эксплуатационные параметры ПОИ.
4.2.7	Спектральные характеристики ПОИ. Частотные характеристики ПОИ. Фазовые, температурные, временные и пространственные характеристики, угловая характеристика чувствительности ПОИ.
4.2.8	ПОИ на внутреннем фотоэффекте. Ширина запрещенной зоны. Примесные уровни в запрещенной зоне. Принцип действия фоторезисторов, характеристики. Относительная чувствительность фоторезисторов.
4.2.9	Фотодиоды. Принцип действия и схемы включения. Вывод уравнения полного тока фотодиода в фотогальваническом режиме. Определение максимальной вольтовой чувствительности в режиме холостого хода.
4.2.10	Работа фотодиодов в фотодиодном режиме, вольтамперные характеристики (ВАХ), выбор нагрузки исходя из максимальной вольтовой чувствительности. Достоинства и недостатки фотогальванического и фотодиодного режимов. Соотношение их максимальных вольтовых чувствительностей. Особенности работы фотодиодов с разделённой нагрузкой по постоянной (по фону) и переменной (по переменному сигналу от цели) нагрузками.
4.2.11	Вольтамперные характеристики фотодиодов в фотогальваническом и фотодиодном режимах. Выбор нагрузки фотодиодов в фотодиодном режиме, шумы, постоянная времени, спектральная чувствительность. Высокочастотные ПОИ: р-і-п-фотодиоды, поверхностно барьерные фотодиоды, лавинные фотодиоды.
4.2.12	Принцип действия фототранзисторов, их параметры и характеристики. Фотоприёмники на базе сложных соединений, приемники на основе тройных соединений, многослойные (многоцветные) и двухэлементные координатные приемники излучения. Принцип действия фото-потенциометров. Функциональные фоторезисторы и фотодиоды.
4.2.13	Принцип действия, параметры и характеристики приборов с зарядовой связью (ПЗС), схемы их включения. Приборы с зарядовой инжекцией, гибридные приёмники излучения, принцип действия, параметры и характеристики.
4.2.14	Принцип действия, Параметры и характеристики приёмников на внешнем фотоэффекте Основные законы внешнего фотоэффекта. Фотоэлементы. Устройство, схемы включения, выбор нагрузки. Принцип действия параметры и характеристики фотоэлектронных умножителей (ФЭУ) и их разновидности. Диодные системы. Катодные камеры, коэффициент усиления ФЭУ.
4.2.15	Импульсные и частотные характеристики ФЭУ. Шумы и пороговая чувствительность ФЭУ, Схемы питания. Канальные ФЭУ, типы фотокатодов. Устройство, назначение и принцип действия электронно-оптических преобразователей(ЭОП). Параметры и характеристики ЭОП. Тепловые приёмники излучения. Термоэлементы. Принцип действия и схемы включения термоэлементов. Их параметры и характеристики
4.2.16	Принцип действия и схемы включения металлических и полупроводниковых болометров. Выбор нагрузки. Шумы болометров. Постоянная времени и спектральные характеристики. Принцип действия, устройство, параметры и характеристики приёмников на основе термоупругого эффекта в кристаллическом кварце.
4.2.17	Оптико-акустические приёмники излучения (ОАП). Принцип действия параметры и характеристики.

5. Образовательные технологии

В процессе освоения студентами дисциплины «Приемники оптического излучения» используются следующие образовательные технологии:

Лекции и лабораторные занятия проводятся с применением мультимедийных технологий, включающие демонстрацию слайдов и учебных фильмов.

Занятия, проводимые в интерактивных формах, с использованием интерактивных технологий составляют 50% аудиторных занятий (не менее, чем определено требованиями ФГОС).

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

6.1. План самостоятельной работы студентов

№ п/п	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
1	Основные светотехнические термины. Перспективы применения оптического излучения. Дальность действия ОЭП и радиосистем при одинаковых габаритах и энергоёмкости.	Подготовка к аудиторным занятиям	Подготовка к занятиям по рекомендуемой литературе	Элементы квантовой и оптической электроники : учебное пособие. ч.2 . Принципы построения источников и приемников оптического излучения / В. А. Васильев [и др.] ;под ред. В. И. Волчихина ; Пенз. гос. ун-т. - Пенза : Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2007. - 272 с. : ил.	2
2	Приёмники оптического излучения. Классификация, принципы работы, параметры и характеристики. Астрофизические величины и связь их с энергетическими и световыми.	Подготовка к аудиторным занятиям	Подготовка к занятиям по рекомендуемой литературе	Физические принципы работы и основные характеристики приемников оптического излучения [Текст] : учебное пособие / И. А. Аверин , С. Е. Игошина, А. А. Карманов. - Пенза : Пенз. гос. ун-т, 2014. - 72 с. : ил.	2
3	Энергетические и световые величины и единицы их измерения. Связь между световыми и энергетическими величинами. КПД глаза и интегральная чувствительность. Коэффициент максимальной световой эффективности.	Подготовка к аудиторным занятиям	Подготовка к занятиям по рекомендуемой литературе	Элементы квантовой и оптической электроники : учебное пособие. ч.2 . Принципы построения источников и приемников оптического излучения / В. А. Васильев [и др.] ;под ред. В. И. Волчихина ; Пенз. гос. ун-т. - Пенза : Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2007. - 272 с. : ил.	2
4	Закон Ламберта и его следствие. Изохроматы, изотермы, изорады. Закон Бугера. Связь между коэффициентами поглощения, пропускания, отражения и рассе-	Подготовка к аудиторным занятиям	Подготовка к занятиям по рекомендуемой литературе	Элементы квантовой и оптической электроники : учебное пособие. ч.2 . Принципы построения источников и приемников оптического излучения / В. А. Васильев [и др.] ;под ред. В. И. Волчихина ;	2

	яния для полупрозрачных тел.			Пенз. гос. ун-т. - Пенза : Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2007. - 272 с. : ил.	
5	Расчёт коэффициентов пропускания излучения через воздушную среду.	Подготовка к аудиторным занятиям	Подготовка к занятиям по рекомендуемой литературе	Прикладная оптоэлектроника [Текст] / Ермаков О. Н. - М. : Техносфера, 2004. - 416 с. : ил.	2
6	Классификация приёмников оптического излучения (ПОИ), параметры чувствительности ПОИ. Пороговые и шумовые параметры ПОИ. Временные параметры приёмников излучения. Спектральные параметры ПОИ. Эксплуатационные параметры ПОИ.	Подготовка к аудиторным занятиям	Подготовка к занятиям по рекомендуемой литературе	Приёмники оптического излучения [Текст] : учебник / Г. Г. Ишанин, В. П. Челибанов ; под ред. В. В. Коротаева. - СПб. ; М. : Лань, 2014. - 303 с. : ил.	2
7	Спектральные характеристики ПОИ. Частотные характеристики ПОИ. Фазовые, температурные, временные и пространственные характеристики, угловая характеристика чувствительности ПОИ.	Подготовка к аудиторным занятиям	Подготовка к занятиям по рекомендуемой литературе	Приёмники оптического излучения [Текст] : учебник / Г. Г. Ишанин, В. П. Челибанов ; под ред. В. В. Коротаева. - СПб. ; М. : Лань, 2014. - 303 с. : ил.	2
8	ПОИ на внутреннем фотоэффекте. Ширина запрещенной зоны. Примесные уровни в запрещенной зоне. Принцип действия фоторезисторов, характеристики. Относительная чувствительность фоторезисторов.	Подготовка к аудиторным занятиям	Подготовка к занятиям по рекомендуемой литературе	Физические принципы работы и основные характеристики приемников оптического излучения [Текст] : учебное пособие / И. А. Аверин , С. Е. Игошина, А. А. Карманов. - Пенза : Пенз. гос. ун-т, 2014. - 72 с. : ил.	2
9	Фотодиоды. Принцип действия и схемы включения. Вывод уравнения полного тока фотодиода в фотогальваническом режиме. Определение максимальной вольтовой чувствительности в режиме холостого хода.	Подготовка к аудиторным занятиям	Подготовка к занятиям по рекомендуемой литературе	Физические принципы работы и основные характеристики приемников оптического излучения [Текст] : учебное пособие / И. А. Аверин , С. Е. Игошина, А. А. Карманов. - Пенза : Пенз. гос. ун-т, 2014. - 72 с. : ил.	4
10	Работа фотодиодов в фотодиодном режиме, вольтамперные характеристики (ВАХ), выбор нагрузки исходя из максимальной вольтовой чувствительности. Достоинства и недостатки фотогальванического и фотодиодного режимов. Соотношение их максимальных вольтых чув-	Подготовка к аудиторным занятиям	Подготовка к занятиям по рекомендуемой литературе	Физические принципы работы и основные характеристики приемников оптического излучения [Текст] : учебное пособие / И. А. Аверин , С. Е. Игошина, А. А. Карманов. - Пенза : Пенз. гос. ун-т, 2014. - 72 с. : ил.	2

	ствительностей. Особенности работы фотодиодов с разделённой нагрузкой по постоянной (по фону) и переменной (по переменному сигналу от цели) нагрузками.				
11	<p>Вольтамперные характеристики фотодиодов в фотогальваническом и фотодиодном режимах. Выбор нагрузки фотодиодов в фотодиодном режиме, шумы, постоянная времени, спектральная чувствительность.</p> <p>Высокочастотные ПОИ: р-і-п-фотодиоды, поверхностно барьерные фотодиоды, лавинные фотодиоды.</p>	Подготовка к аудиторным занятиям	Подготовка к занятиям по рекомендуемой литературе	Приёмники оптического излучения [Текст] : учебник / Г. Г. Ишанин, В. П. Челибанов ; под ред. В. В. Коротаева. - СПб. ; М. : Лань, 2014. - 303 с. : ил.	2
12	<p>Принцип действия фототранзисторов, их параметры и характеристики. Фотоприёмники на базе сложных соединений, приемники на основе тройных соединений, многослойные (многоцветные) и двухэлементные координатные приемники излучения. Принцип действия фото-потенциометров. Функциональные фоторезисторы и фотодиоды.</p>	Подготовка к аудиторным занятиям	Подготовка к занятиям по рекомендуемой литературе	Физические принципы работы и основные характеристики приемников оптического излучения [Текст] : учебное пособие / И. А. Аверин , С. Е. Игошина, А. А. Карманов. - Пенза : Пенз. гос. ун-т, 2014. - 72 с. : ил.	4
13	<p>Принцип действия, параметры и характеристики приборов с зарядовой связью (ПЗС), схемы их включения.</p> <p>Приборы с зарядовой инъекцией, гибридные приёмники излучения, принцип действия, параметры и характеристики.</p>	Подготовка к аудиторным занятиям	Подготовка к занятиям по рекомендуемой литературе	Физические принципы работы и основные характеристики приемников оптического излучения [Текст] : учебное пособие / И. А. Аверин , С. Е. Игошина, А. А. Карманов. - Пенза : Пенз. гос. ун-т, 2014. - 72 с. : ил.	2
14	<p>Принцип действия, Параметры и характеристики приёмников на внешнем фотоэффекте Основные законы внешнего фотоэффекта. Фотоэлементы. Устройство, схемы включения, выбор нагрузки. Принцип действия параметры и</p>	Подготовка к аудиторным занятиям	Подготовка к занятиям по рекомендуемой литературе	Физические принципы работы и основные характеристики приемников оптического излучения [Текст] : учебное пособие / И. А. Аверин , С. Е. Игошина, А. А. Карманов. - Пенза : Пенз. гос. ун-т, 2014. - 72 с. : ил.	2

	характеристики фото-электронных умножителей (ФЭУ) и их разновидности. Диодные системы. Катодные камеры, коэффициент усиления ФЭУ.				
15	Импульсные и частотные характеристики ФЭУ. Шумы и пороговая чувствительность ФЭУ, Схемы питания. Канальные ФЭУ, типы фотокатодов. Устройство, назначение и принцип действия электронно-оптических преобразователей(ЭОП). Параметры и характеристики ЭОП. Тепловые приёмники излучения. Термоэлементы. Принцип действия и схемы включения термоэлементов. Их параметры и характеристики	Подготовка к аудиторным занятиям	Подготовка к занятиям по рекомендуемой литературе		2
16	Принцип действия и схемы включения металлических и полупроводниковых болометров. Выбор нагрузки. Шумы болометров. Постоянная времени и спектральные характеристики. Принцип действия, устройство, параметры и характеристики приёмников на основе термоупругого эффекта в кристаллическом кварце.	Подготовка к аудиторным занятиям	Подготовка к занятиям по рекомендуемой литературе		2
17	Оптико-акустические приёмники излучения (ОАП). Принцип действия параметры и характеристики.	Подготовка к аудиторным занятиям	Подготовка к занятиям по рекомендуемой литературе	Физические принципы работы и основные характеристики приемников оптического излучения [Текст] : учебное пособие / И. А. Аверин , С. Е. Игошина, А. А. Карманов. - Пенза : Пенз. гос. ун-т, 2014. - 72 с. : ил.	4

6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов осуществляется в виде подготовки к лекционным занятиям по рекомендуемой литературе. На каждой лекции проводится короткий опрос студентов по заданной теме. Собеседования, проводимые в рамках оценки знаний студентов по балльно - рейтинговой системе, включают в себя вопросы, заданные на самостоятельную подготовку.

6.3. Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов

Контроль освоения компетенций

№ п\п	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Компетенции, компоненты которых контролируются
1	Опрос в рамках самостоятельной подготовки к аудиторным занятиям	Основные светотехнические термины. Перспективы применения оптического излучения. Дальность действия ОЭП и радиосистем при одинаковых габаритах и энергоёмкости.	ПК-7
2	Опрос в рамках самостоятельной подготовки к аудиторным занятиям	Приёмники оптического излучения. Классификация, принципы работы, параметры и характеристики. Астрофизические величины и связь их с энергетическими и световыми.	ПК-7
3	Опрос в рамках самостоятельной подготовки к аудиторным занятиям	Энергетические и световые величины и единицы их измерения. Связь между световыми и энергетическими величинами. КПД глаза и интегральная чувствительность. Коэффициент максимальной световой эффективности.	ПК-7
4	Опрос в рамках самостоятельной подготовки к аудиторным занятиям	Закон Ламберта и его следствие. Изохроматы, изотермы, изорады. Закон Бугера. Связь между коэффициентами поглощения, пропускания, отражения и рассеяния для полупрозрачных тел.	ПК-7
5	Опрос в рамках самостоятельной подготовки к аудиторным занятиям	Расчёт коэффициентов пропускания излучения через воздушную среду.	ПК-7
6	Опрос в рамках самостоятельной подготовки к аудиторным занятиям	Классификация приёмников оптического излучения (ПОИ), параметры чувствительности ПОИ. Пороговые и шумовые параметры ПОИ. Временные параметры приёмников излучения. Спектральные параметры ПОИ. Эксплуатационные параметры ПОИ.	ПК-7

7	Опрос в рамках самостоятельной подготовки к аудиторным занятиям	Спектральные характеристики ПОИ. Частотные характеристики ПОИ. Фазовые, температурные, временные и пространственные характеристики, угловая характеристика чувствительности ПОИ.	ПК-7
8	Опрос в рамках самостоятельной подготовки к аудиторным занятиям	ПОИ на внутреннем фотоэффекте. Ширина запрещенной зоны. Примесные уровни в запрещенной зоне. Принцип действия фоторезисторов, характеристики. Относительная чувствительность фоторезисторов.	ПК-7
9	Опрос в рамках самостоятельной подготовки к аудиторным занятиям	Фотодиоды. Принцип действия и схемы включения. Вывод уравнения полного тока фотодиода в фотогальваническом режиме. Определение максимальной вольтовой чувствительности в режиме холостого хода.	ПК-7
10	Опрос в рамках самостоятельной подготовки к аудиторным занятиям	Работа фотодиодов в фотодиодном режиме, вольтамперные характеристики (ВАХ), выбор нагрузки исходя из максимальной вольтовой чувствительности. Достоинства и недостатки фотогальванического и фотодиодного режимов. Соотношение их максимальных вольтовых чувствительностей. Особенности работы фотодиодов с разделённой нагрузкой по постоянной (по фону) и переменной (по переменному сигналу от цели) нагрузками.	ПК-7
11	Опрос в рамках самостоятельной подготовки к аудиторным занятиям	Вольтамперные характеристики фотодиодов в фотогальваническом и фотодиодном режимах. Выбор нагрузки фотодиодов в фотодиодном режиме, шумы, постоянная времени, спектральная чувствительность. Высокочастотные ПОИ: р-і-п-фотодиоды, поверхностно барьерные фотодиоды, лавинные фотодиоды.	ПК-7

Для проведения текущего контроля успеваемости студентов предусмотрены следующие контрольные вопросы:

1. Перспективы применения оптического излучения. Дальность действия ОЭП и радиосистем при одинаковых габаритах и энергоёмкости.
2. Энергетические величины и единицы их измерения.
3. Световые величины и единицы их измерения.

4. Связь между световыми и энергетическими величинами. КПД глаза и интегральная чувствительность. Коэффициент максимальной световой эффективности.
5. Астрофизические величины и связь их с энергетическими и световыми.
6. Закон Ламберта и его следствие.
7. Закон Планка. Максимальное значение спектральной плотности энергетической светимости (ЧТ).
8. Закон Планка. Изохроматы, изотермы, изорады. Вывод формулы Планка в относительных единицах .
9. Методика построения изотерм по формуле Планка в относительных единицах.
10. Вывод формулы Планка в относительных единицах и её использование для определения доли излучения в заданном участке спектра.
11. Закон Бугера. Связь между коэффициентами поглощения, пропускания, отражения и рассеяния для полупрозрачных тел .
12. Расчёт коэффициентов пропускания излучения через воздушную среду. Абсолютная и относительная влажность. Основные поглотители излучения в атмосфере H_2O , CO_2 , и O_3 и их процентное содержание.
13. Расчет коэффициентов пропускания через атмосферу по методу Эльдера-Стронга с учётом поглощения парами воды. Расчет осажденного слоя воды.
14. Расчет коэффициентов пропускания через атмосферу по методу стандартных атмосфер.
15. Классификация приёмников оптического излучения (ПОИ), параметры чувствительности ПОИ.
16. Пороговые и шумовые параметры ПОИ. Временные параметры приёмников излучения. Спектральные параметры ПОИ. Эксплуатационные параметры ПОИ.
17. Спектральные характеристики ПОИ. Зависимости параметров ПОИ от величины потока излучения: люкс-омическая характеристика, энергетическая характеристика, фоновые характеристики .
18. Частотные характеристики ПОИ, связь частотной характеристики с постоянной времени приёмника, критически допустимая частота модуляции потока излучения и её связь с постоянной времени приёмника.
19. Фазовые, температурные, временные и пространственные характеристики, угловая характеристика чувствительности ПОИ.
20. Пересчет параметров приемников оптического излучения от одной системы фотометрических величин к другой, от одного источника к другому.
21. Принцип действия приемников на внутреннем фотоэффекте. Отражение и поглощение излучения полупроводниками «красная» и коротковолновая граница чувствительности приёмников на внутреннем фотоэффекте.
22. Ширина запрещенной зоны. Примесные уровни в запрещенной зоне. Принцип действия фоторезисторов. Постоянная времени, спектральные и частотные характеристики фоторезисторов.
23. Относительная чувствительность фоторезисторов и расчет схемы деления напряжения исходя из максимальной вольтовой чувствительности
24. Мостовые схемы включения фоторезисторов и их особенности. Охлаждаемые фоторезисторы, их параметры и характеристики, способы охлаждения и конструкции.
25. Фотодиоды. Принцип действия и схемы включения. Вывод уравнения полного тока фотодиода в фотогальваническом режиме. Определение максимальной вольтовой чувствительности в режиме холостого хода.
26. Работа фотодиодов в фотодиодном режиме, вольтамперные характеристики (ВАХ), выбор нагрузки исходя из максимальной вольтовой чувствительности. Достоинства и недостатки фотогальванического и фотодиодного режимов. Соотношение их максимальных вольтовых чувствительностей.
27. Особенности работы фотодиодов с разделённой нагрузкой по постоянной (по фону) и переменной (по переменному сигналу от цели) нагрузками.

28. Вольтамперные характеристики фотодиодов в фотогальваническом и фотодиодном режимах. Выбор нагрузки фотодиодов в фотодиодном режиме, шумы, постоянная времени, спектральная чувствительность.
29. Высокочастотные ПОИ: р-і-п-фотодиоды, поверхностно барьерные фотодиоды, лавинные фотодиоды.
30. Принцип действия фототранзисторов, их параметры и характеристики.
31. Фотоприёмники на базе сложных соединений, приемники на основе тройных соединений, многослойные (многоцветные) и двухэлементные координатные приемники излучения.
32. Принцип действия фото-потенциометров.
33. Функциональные фоторезисторы и фотодиоды.
34. Принцип действия, параметры и характеристики приборов с зарядовой связью (ПЗС), схемы их включения.
35. Приборы с зарядовой инжекцией, гибридные приёмники излучения, принцип действия, параметры и характеристики.
36. Принцип действия, Параметры и характеристики приёмников на внешнем фотоэф-фекте Основные законы внешнего фотоэффекта. Фотоэлементы. Устройство, схемы включе-ния, выбор нагрузки.
37. Принцип действия параметры и характеристики фотоэлектронных умножителей (ФЭУ) и их разновидности. Диодные системы. Катодные камеры, коэффициент усиления ФЭУ.
38. Импульсные и частотные характеристики ФЭУ. Шумы и пороговая чувствитель-ность ФЭУ, Схемы питания. Канальные ФЭУ, типы фотокатодов.
39. Устройство, назначение и принцип действия электронно-оптических преобразова-телей (ЭОП). Параметры и характеристики ЭОП.
40. Тепловые приёмники излучения. Термоэлементы. Принцип действия и схемы включения термоэлементов. Их параметры и характеристики
41. Принцип действия и схемы включения металлических и полупроводниковых боло-метров. Выбор нагрузки. Шумы болометров. Постоянная времени и спектральные характе-ристики.
42. Оптико-акустические приёмники излучения (ОАП). Принцип действия параметры и характеристики.
43. Пересчет параметров ПОИ, заданных в световых единицах в энергетические по од-ному источнику.
44. Пересчет параметров ПОИ от энергетических единиц одного источника /паспортного/ к энергетическим единицам произвольного источника.
45. Пересчет параметров приёмников от световых единиц одного /паспортного/ источ-ника к световым единицам произвольного источника.
46. Пересчет параметров приёмников излучения заданных в световых единицах по од-ному источнику к энергетическим по другому.

Темы лабораторных работ

1. Изучение спектральных характеристик фотоприемников.
2. Изучение работы фотоприемников при измерении переменных во времени излуче-ний.
3. Исследование полупроводниковых фотоприемников.
4. Исследование фотоэлементов на внешнем фотоэффекте.
5. Расчет времени жизни неравновесных носителей заряда в фоторезисторе.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля) «Приемники оптического излучения»

а) основная литература

1. Элементы квантовой и оптической электроники : учебное пособие. ч.2 . Принципы построения источников и приемников оптического излучения / В. А. Васильев [и др.] ; под ред. В. И. Волчихина ; Пенз. гос. ун-т. - Пенза : Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2007. - 272 с. : ил.

2. Физические принципы работы и основные характеристики приемников оптического излучения [Текст] : учебное пособие / И. А. Аверин , С. Е. Игошина, А. А. Карманов. - Пенза : Пенз. гос. ун-т, 2014. - 72 с. : ил.

б) дополнительная литература

3. Приёмники оптического излучения [Текст] : учебник / Г. Г. Ишанин, В. П. Челибанов ; под ред. В. В. Коротаева. - СПб. ; М. : Лань, 2014. - 303 с. : ил.

4. Прикладная оптоэлектроника [Текст] / Ермаков О. Н. - М. : Техносфера, 2004. - 416 с. : ил.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) «Приемники оптического излучения»

Лекционные занятия проводятся в аудитории, оборудованной необходимой учебной мебелью.


Лабораторные занятия проводятся в аудитории, укомплектованной следующими средствами обучения:

телевизор;

персональный компьютер;

мультимедийный проектор.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО с учетом рекомендаций ПрООП по направлению подготовки 12.03.05 «Лазерная техника и лазерные технологии».

Программу составил:
Соловьев Владимир Александрович, д.т.н., профессор кафедры «Приборостроение» 
(Ф.И.О., должность, подпись)

Настоящая программа не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.

Программа одобрена на заседании кафедры Приборостроение


Протокол № 5 от « 12 » 01 2016 года

Зав. кафедрой ПС  Васильев А.А.
(подпись, Ф.И.О.)

Программа согласована с заведующим выпускающей кафедрой
Приборостроение  Васильев В.А.
(название кафедры) (подпись, Ф.И.О., дата)

Программа одобрена методической комиссией ФПИТЭ

Протокол № 5 от « 11 » 02 2016 года

Председатель методической комиссии ФПИТЭ  Задера А.В.
(подпись) (Ф.И.О.)

Ссылки на ЭБС

№ п/п	Наименование и краткая характеристика электронных изданий и информационных баз данных	Количество точек доступа
	Электронные ресурсы	
1	ЭБС "Лань" "Инженерно-технические науки" (Издательство "Машиностроение") https://e.lanbook.com/books/931?publisher_fk=1026#izdatelstvo_masinostroenie_header	15
2	ЭБС Znanium.com http://www.znaniy.com	15
3	Электронный каталог ПГУ http://kleopatra.pnzgu.ru/cgi-bin/irbis64r_91/cgiirbis_64.exe?C21COM=F&I21DBN=IBIS&P21DBN=IBIS	15