МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)

Проректор по учебной работе
______ П. Е. Троян
«___» _____ 2017 г.

УТВЕРЖДАЮ

рабочая программа учебной дисциплины «Основы физической и квантовой оптики»

ровень основной образовательной программы								
Іаправление подготовки 11.03.02 <u>«Инфокоммуникационные технологии и системы связи»</u>								
Ірофиль <u>«Оптиче</u>	еские системы и сети связи»							
Рорма обучения _	заочная							
Р акультет	<u>Радиотехнический</u>							
Кафедра	Сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники (СВЧиКР)							
Курс <u>второй</u>	Семестрычетвертый, пятый							
	Учебный план набора <u>2016</u> года.							

Распределение рабочего времени:

№	Виды учебной работы	Семестр 1	Семестр 2	Семестр 3	Семестр 4	Семестр 5	Семестр 6	Семестр 7	Семестр 8	Всего	Единицы
1.	Лекции				4	8				2	часов
2.	Лабораторные работы				-	8				8	часов
3.	Практические занятия				2	4				6	часов
4.	Курсовой проект/работа (КРС) (аудиторная)				-	-				-	часов
5.	Всего аудиторных занятий (Сумма 1-4)				6	20				26	часов
6.	Из них в интерактивной форме				-	-				-	часов
7.	Самостоятельная работа студентов (СРС)				102	84				186	часов
8.	Всего (без экзамена) (Сумма 5,7)				108	104				212	часов
9.	Самост. работа на подготовку, сдачу экзамена/зачета				-	4				4	часов
10.	Общая трудоемкость (Сумма 8,9)				108	108				216	часов
	(в зачетных единицах)				3	3				6	ЗЕТ

Зачет дифференцированный пятый семестр

Томск <u>2017</u>

Лист согласований

	-		-	ного Государственного нания (ФГОС ВПО) по
_			-	нологии и системы
1		ом Минобрнауки Р		
регистрационн 2016 г.,	ый номер174, ра	ассмотрена и утвер	ждена на заседа	нии кафедры « »
протокол №	_			
Разработчик	Профессор каф			<u>Шандаров В.М.</u>
	(должность, каф	редра)	(подпись)	(Ф.И.О.)
Зав. кафедрой	СВЧиКР		(подпись)	арангович С.Н. (Ф.И.О.)
Рабочая п кафедрами. Декан <u>РТФ</u>	рограмма соглас	ована с факультето	, 1 1 12	щей и выпускающей <u>Іопова К.Ю.</u> (Ф.И.О.)
Зав. профилир кафедрой	•	(подпись)	<u> </u>	<u>рангович С.Н.</u> (Ф.И.О.)
Зав. выпускаю кафедрой <u>С</u>	щей ВЧиКР	(подпись)	<u>Ш</u> (Ф.И.	<u>арангович С.Н.</u> ^{О.)}
Эксперты: ТУСУР, каф	.ТОР, доц.	_	C.I	И.Богомолов
ТУСУР, каф.	СВЧиКР	Профессор	<u>A</u>	Е. Мандель

1. Цели и задачи дисциплины:

Целью преподавания дисциплины является подготовка студентов в области физических принципов функционирования современных оптических, оптоэлектронных и нелинейно-оптических элементов и устройств.

Основной задачей дисциплины является изучение основных положений физической и квантовой оптики, эффектов взаимодействия излучения с веществом, основных принципов построения приборов и систем оптической обработки информации.

В результате изучения настоящей дисциплины студенты получат знания, имеющие не только самостоятельное значение, но и являющиеся фундаментом для изучения ряда последующих специальных дисциплин и практической работы специалистов в области оптической связи.

2. Место дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина по выбору Б1.В.ДВ.1.1.

3. Требования к результатам освоения дисциплины:

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- готовность к изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике проекта (ПК-7);
- способность применять современные теоретические и экспериментальные методы исследования с целью создания новых перспективных средств электросвязи и информатики (ПК-17).

В результате изучения дисциплины студент должен

знать:

- основные законы и соотношения волновой оптики, квантовой оптики и оптики ограниченных световых пучков (ПК-7);
- основные законы и соотношения волновой теории направляющих оптических структур (ПК-7, ПК-17);
- основы физики взаимодействия света со средой и нелинейной оптики (ПК-7);
- принципы построения, особенности и характеристики интегральнооптических и лазерных элементов и приборов (ПК-7, ПК-17);

• уметь:

- объяснять физические эффекты, лежащие в основе работы оптических, волноводно-оптических и лазерных элементов и устройств (ПК-7, ПК-17);
- применять на практике известные методы экспериментального исследования волноводно-оптических и оптоэлектронных элементов и устройств (ПК-7, ПК-17);
- выполнять расчеты, связанные с определением параметров и характеристик оптических, волноводно-оптических и оптических квантовых компонентов и устройств (ПК-7, ПК-17);
- проводить компьютерное моделирование и проектирование оптических, волноводно-оптических и оптических квантовых элементов и устройств, а также иметь представление о методах компьютерной оптимизации их характеристик (ПК-17):
- пользоваться справочными данными по оптическим материалам и элементам при проектировании оптических и оптоэлектронных приборов, сопоставляя особенности характеристик таких материалов и элементов (ПК-17);

• владеть:

- навыками чтения и изображения схем оптических и лазерных приборов и систем на основе современной элементной базы оптики, волноводной и квантовой оптики (ПК-17);

- навыками расчета, проектирования и компьютерного моделирования оптических и лазерных элементов и устройств различного назначения (ПК-17);
- навыками практической работы с лабораторными образцами оптических, волноводно-оптических и оптических квантовых элементов, с оптическими и лазерными приборами и с контрольно-измерительной аппаратурой (ПК-17).

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц.

Вид учебной работы	Всего	Семе	естры
	часов	4	5
Аудиторные занятия (всего)	26	6	20
В том числе:			
Лекции	12	4	8
Лабораторные работы (ЛР)	8	-	8
Практические занятия	6	2	4
Самостоятельная работа (всего), в том числе:	186	102	84
Изучение материала лекций	62	30	32
Подготовка к контрольным работам	18	8	10
Самостоятельное изучение отдельных тем	106	56	50
Подготовка к экзамену/зачету и сдача экзамена/зачета	4	-	4
Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен)	Дифферен	цированныі	й зачет
Общая трудоемкость	216	108	108
Зачетные единицы трудоемкости	6	3	3

5. Содержание дисциплины

5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекц.	Лаб. зан.	Практ. Зан.	CPC	Все- го час.	Формиру- емые ком- петенции (ПК)
1	Введение	1	-	-	2	3	ПК-7
2	Основные положения физической оптики	2	4	2	32	40	ПК-7, ПК-17
3	Основные положения квантовой оптики	1	-	-	32	31	ПК-7, ПК-17
4	Принципы построения лазеров и области их применения	3	-	2	28	33	ПК-7, ПК-17
5	Распространение световых волн в материальных средах	2	4	-	30	34	ПК-7, ПК-17
6	Взаимодействия света с физическими полями	2	-	2	34	38	ПК-7, ПК-17
7	Элементы нелинейной оптики	1	-	-	32	33	ПК-7, ПК-17
Итого	:	12	8	6	190	216	•

5.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела	Содержание раздела	Трудоем кость	Формируемые компетенции
11/ 11	раздела дисциплины		(час.)	(ПК)
1	Введение	Задачи курса. Место дисциплины в учебном	1	ПК-7
•	Введение	процессе.	-	1110 /
2	Основные	Уравнения Максвелла для диэлектрической	2	ПК-7, ПК-17
	положения	среды. Материальные уравнения. Уравнения	_	,
	физической оптики	граничных условий. Волновое уравнение.		
		Поляризация света. Поляризационные элементы.		
		Отражение света от плоской границы. Полное		
		внутреннее отражение света. Когерентность		
		света, понятия пространственной и временной		
		когерентности. Интерференция и дифракция.		
		Дифракция света на периодических структурах.		
3	Основные	Постоянная Планка. Корпускулярно – волновой	1	ПК-7, ПК-17
	положения	дуализм. Вероятностная трактовка волн де		
	квантовой физики и	Бройля. Соотношения неопределенностей.		
	квантовой оптики	Уравнение Шредингера. Гармонический		
		осциллятор. Взаимодействие излучения с		
		атомными системами. Индуцированные и		
		спонтанные переходы. Коэффициенты Эйнштейна. Механизмы уширения спектральных		
		линий. Усиление света в средах с инверсией		
		населенностей.		
4	Принципы	Открытые резонаторы. Резонатор Фабри - Перо.	3	ПК-7, ПК-17
7	построения лазеров и	Аксиальные и поперечные моды. Добротность и		11K 7, 11K 17
	области их	число возбуждаемых мод. Типы колебаний в		
	применения	открытом резонаторе. Газовые лазеры. Общая		
	r	характеристика. Особенности конструкции		
		газовых лазеров. Лазеры на ионных кристаллах и		
		стеклах. Современные твердотельные лазеры.		
		Волоконные лазеры.		
5	Распространение	Распространение света в направляющих структу-	2	ПК-7, ПК-17
	световых волн в	рах. Планарные и канальные оптические		
	материальных средах	волноводы. Материалы и элементы интегральной		
		оптики. Связанные оптические волноводы.		
		Распространение световых волн в периодических		
6	Взаимодействия	структурах. Феноменологическая теория электрооптического	2	ПУ 7 ПУ 17
O	света с физическими	эффекта. Линейный и квадратичный электрооп-	2	ПК-7, ПК-17
	полями	тические эффекты. Электрооптические		
	110,1911111	модуляторы. Акустооптический эффект.		
		Дифракция света на акустических волнах.		
		Режимы дифракции Рамана – Ната и Брэгга.		
		Акустооптические модуляторы и дефлекторы.		
		Фоторефрактивный эффект. Механизмы		
		транспорта носителей зарядов.		
		Фоторефрактивные материалы.		
7	Элементы	Поляризация диэлектрика в электрическом поле.	1	ПК-7, ПК-17
	нелинейной оптики	Среды с квадратичной и кубичной оптической		
		нелинейностью. Уравнение нелинейных волн.		
		Нелинейно - оптические материалы. Генерация		
		второй гармоники. Самовоздействие световых		
		пучков в нелинейной среде. Временные и		
		пространственные оптические солитоны. Другие		
		нелинейно-оптические эффекты.	<u> </u>	<u> </u>

5.3 Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

No	Наименование обеспечивающих	№ № разделов данной дисциплины из табл.5.1, для которых								
Π/Π	(предыдущих) и обеспечиваемых	нес	необходимо изучение обеспечивающих (предыдущих) и							
	(последующих) дисциплин		обе	спечива	емых (по	следую	цих) дис	циплин		
		1	2	3	4	5	6	7	8	
	Предшествующи	е дисп	иплин	Ы						
1	Математика		+	+	+	+	+	+	+	
2	Физика	+	+	+	+	+	+	+	+	
3	Информатика		+	+	+	+	+	+	+	
4	Оптические направляющие среды	+	+	+	+	+	+	+	+	
5	Электромагнитные поля и волны	+	+	+	+	+	+	+	+	
	Последующие д	дисциі	ілины							
1	Оптические цифровые		+	+	+	+	+	+	+	
	телекоммуникационные системы									
2	Метрология в оптических		+		+	+	+	+	+	
	телекоммуникационных системах									

5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Перечень		Ви	ды заняті	ий		Формы контроля по всем видам занятий
компетенций	Ji Jiao Iip. Kirkii Ci C					
ПК-7	+	+	+	-	+	Выступление на семинарах. Опрос на лабораторных работах. Диф. зачет
ПК-17	+	+	+	-	+	Выступление на семинарах. Опрос на лабораторных работах. Диф. зачет

 $[\]Pi$ – лекция, Лаб – лабораторные работы, Π р – практические занятия, $KP/K\Pi$ – курсовая работа/проект, CPC – самостоятельная работа студента

6. Методы и формы организации обучения

Для успешного освоения дисциплины применяются различные образовательные технологии, которые обеспечивают достижение планируемых результатов обучения согласно основной образовательной программе, с учетом требований к объему занятий в интерактивной форме.

7. Лабораторный практикум

№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудо- емкость (час.)	ПК
2	Исследование дифракции светового пучка в среде с	4	ПК-7, ПК-17
	периодической модуляцией показателя преломления		
3	Исследование эффективности ввода света в планарный	4	ПК-7, ПК-17
	оптический волновод		

8. Практические занятия (семинары)

№	Раздел дисциплины из табл. 5.1	Тематика практических занятий	Трудо- емкость	Компетенции ПК
			(час.)	
1	Основные положения	Поляризация плоских световых волн.	2	ПК-7, ПК-17
	физической оптики	Интерференция и дифракция света.		
3	Основные положения	Индуцированные и спонтанные	2	ПК-7, ПК-17
	квантовой физики и	переходы. Механизмы уширения		
	квантовой оптики	спектральных линий.		
8	Взаимодействия света с	Электрооптические и акустооптические	2	ПК-7, ПК-17
	физическими полями	модуляторы.		

9. Самостоятельная работа

№	Разделы	Тематика самостоятельной работы	Трудо-	Компе-	Контроль
п/	дисциплины из	(детализация)	емкость	тенции	выполнения
П	табл. 5.1	, ,	(час.)	ПК	работы
1	Введение.	Изучение теоретического материала.	2	ПК-7	Диф. зачет
2	Основные положения физической оптики	Изучение теоретического материала. Подготовка к практическим занятиям (семинарам). Подготовка к лабораторной работе.	32	ПК-7, ПК-17	Выступления на семинаре. Отчет по лабораторной работе. Диф. Зачет.
3	Основные положения квантовой физики и квантовой оптики	Изучение теоретического материала. Подготовка к практическим занятиям (семинарам).	32	ПК-7, ПК-17	Выступления на семинаре. Диф. Зачет.
4	Принципы построения лазеров и области их применения	Изучение теоретического материала. Подготовка к практическим занятиям (семинарам).	28	ПК-7, ПК-17	Выступления на семинаре. Диф. Зачет.
5	Распространение световых волн в материальных средах	Изучение теоретического материала. Подготовка к практическим занятиям (семинарам). Подготовка к лабораторной работе	30	ПК-7, ПК-17	Выступления на семинаре. Отчет по лабораторной работе. Диф. Зачет
6	Взаимодействия света с физическими полями	Изучение теоретического материала. Подготовка к практическим занятиям (семинарам). Подготовка к лабораторной работе	34	ПК-7, ПК-17	Выступления на семинаре. Отчет по лабораторной работе. Диф. Зачет
7	Элементы нелинейной оптики	Изучение теоретического материала. Подготовка к практическим занятиям (семинарам).	32	ПК-7, ПК-17	Выступления на семинаре. Диф. Зачет.

10. Примерная тематика курсовых проектов (работ)

Курсовые проекты (работы) учебным планом не предусмотрены

11. Балльно-рейтинговая система

МЕТОДИКА ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Осуществляется в соответствии с Положением о порядке использования рейтинговой системы для оценки успеваемости студентов (приказ ректора 25.02.2010 № 1902) и основана на бально- рейтинговой системе оценки успеваемости. действующей с 2009 г., которая включает текущий контроль выполнения элементов объема дисциплины по элементам контроля с подведением текущего рейтинга (раздел 6).

Правила формирования пятибалльных оценок за каждую контрольную точку

(КТ1, КТ2) осуществляется путем округления величины, рассчитанной по формуле:
$$KTx\big|_{x=1,2} = \frac{(Cymma_баллов,_набранная_\kappa_KTx)*5}{Tpeбуемая_сумма_баллов_no_балльной_раскладке}\,.$$

После окончания семестра студент, набравший менее 60 баллов, считается неуспевающим, не получившим зачет. Студент, выполнивший все запланированные лабораторные работы, и т.д. и набравший сумму 60 и более баллов, получает зачет «автоматом».

Таблица 11.1 Распределения баллов в течение семестра

Элементы учебной деятельности	Максимальный балл на 1-ую контрольную точку с начала семестра	Максимальн ый балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальны й балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
Посещение лекций	16		_	16
Тестовый контроль		30		30
Выполнение лабораторных работ		20	20	40
Компонент своевременности		7	7	14
Итого максимум за период:	16	57	27	100
Нарастающим итогом	16	73	100	

Таблица 11.2 Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Баллы на дату контрольной точки	Оценка
≥ 90 % от максимальной суммы баллов на дату КТ	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату КТ	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату КТ	3
< 60 % от максимальной суммы баллов на дату КТ	2

12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:

12.1. Основная литература

1. В.М. Шандаров. Основы физической и квантовой оптики. – Томск: Томск. гос. Ун-т систем упр. и радиоэлектроники, [Электронный ресурс]: учебное пособие- Томск: ТУСУР, 2012. – 197 с. Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/750

12.2. Дополнительная литература

1д. М.Борн, Э.Вольф. Основы оптики. М.: Наука. 1970.855с. (**5**) 2д. С.М. Шандаров, В.М. Шандаров, А.Е. Мандель, Н.И. Буримов. Фоторефрактивные эффекты в электрооптических кристаллах. – Томск: Томск. гос. Ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2007. – 241 с. (**64** экз.)

12.3. Перечень методических указаний по практическим занятиям и лабораторным работам

- 1. Шандаров, В. М. Исследование дифракции светового пучка в среде с периодической модуляцией показателя преломления: Методические указания к лабораторной работе для бакалавров направления 210700.62 "Инфокоммуникационные технологии и системы связи" (профиль "Оптические системы и сети связи") [Электронный ресурс] / Шандаров В. М. Томск: ТУСУР, 2013. 7 с. Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3701
- 2. Шандаров, В. М. Исследование эффективности ввода света в планарный оптический волновод: Методические указания к лабораторной работе для бакалавров направления 210700.62 "Инфокоммуникационные технологии и системы связи" (профиль "Оптические системы и сети связи") [Электронный ресурс] / Шандаров В. М., Кущ Г. Г. Томск: ТУСУР, 2013. 11 с. Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3703
- 3. В. М. Шандаров. Основы физической и квантовой оптики: Учебно-методическое пособие по практическим занятиям и самостоятельной работе для студентов специальности 210401.65, [Электронный ресурс]: учебное пособие- Томск: ТУСУР, 2013. 57 с. Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/2888/

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Лаборатории каф. СВЧиКР, В TOM числе, специализированная лаборатория «Оптоэлектроники» (ауд. 329б), a также лаборатории других кафедр РТФ. Вычислительная лаборатория (ауд.337 б) кафедры СВЧиКР оборудована персональными компьютерами, объединенными в локальную вычислительную сеть каф. СВЧиКР с выходом в Internet.

14. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины:

Объем часов, предусмотренных учебным планом для изучения дисциплины, позволяет осветить только ключевые моменты и раскрыть базовые понятия при чтении лекций. Поэтому при реализации программы студенты должны достаточно много работать самостоятельно как при повторении лекционного материала, так и при подготовке к лабораторным занятиям и выполнении самостоятельной работы. Для обеспечения эффективного усвоения студентами материалов дисциплины необходимо на первом занятии снабдить их перечнем вопросов, которые подлежат изучению, списком основной и дополнительной литературы для самостоятельной работы, тематикой заданий для самостоятельной работы.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ

	Проректор по учебной работе
	П.Е. Троян
	«»2017 г.
ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ОСНОВЫ ФИЗИЧЕСКОЙ И Н	, , , , ,
Уровень основной образовательной программы: <u>БАКА</u>	<u>ЛАВРИАТ</u>
Направление(я) подготовки (специальность): 11.03.02 «	<u>инфокоммуникационные</u>
ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ СВЯЗИ»	
Профиль(и): ОПТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ СВЯ	<u>язи</u>
Форма обучения ЗАОЧНАЯ	
Факультет <u>РТФ (РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ)</u>	
Кафедра <u>СВЧиКР (СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНОЙ И К</u>	<u>КВАНТОВОЙ РАДИОТЕХНИКИ)</u>
Kypc 2, 3	Семестры <u>4, 5</u>
Учебный план набој	ра <u>2016</u> года.
Диф. зачет5 семестр	

Томск 2017

1. Введение

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины «Основы физической оптики» и представляет собой совокупность контрольно-измерительных материалов (типовые задачи (задания), контрольные работы, тесты и др.) и методов их использования, предназначенных для измерения уровня достижения студентом установленных результатов обучения.

ФОС по дисциплине используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций приведен в таблице 1

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

Код	Формулировка	Этапы формирования
	компетенции	компетенции
ПК-7	готовность к изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике проекта	Должен знать основные законы и соотношения волновой и квантовой оптики, оптики ограниченных световых пучков и теории оптических направляющих структур; основы физики взаимодействия света со средой и нелинейной оптики; принципы построения, особенности и характеристики интегральнооптических и лазерных элементов и приборов. Должен уметь объяснять физические эффекты, лежащие в основе работы оптических, волноводнооптических и лазерных элементов и устройств; применять на практике известные методы экспериментального исследования волноводнооптических и оптоэлектронных элементов и устройств; выполнять расчеты, связанные с определением параметров и характеристик оптических, волноводно-оптических и оптических квантовых компонентов и устройств. Должен владеть навыками чтения и изображения схем оптических и лазерных приборов и систем на основе современной элементной базы оптики, волноводной и квантовой оптики.
ПК-17	способность применять современные теоретические и экспериментальные методы исследования с целью создания новых перспективных средств электросвязи и информатики	Должен знать принципы построения, особенности и характеристики интегральнооптических и оптоэлектронных элементов и приборов. Должен уметь проводить компьютерное моделирование и проектирование оптических, волноводно-оптических и оптоэлектронных элементов и устройств, а также иметь представление о методах компьютерной оптимизации их характеристик; пользоваться справочными данными по оптическим и лазерным материалам и элементам при проектировании оптических и лазерных приборов, сопоставляя особенности характеристик таких материалов и элементов. Должен владеть навыками расчета, проектирования и компьютерного моделирования оптических и оптоэлектронных элементов и устройств различного назначения; навыками практической работы с лабораторными образцами оптических и волноводно-оптических элементов, с оптическими и лазерными приборами и с контрольно-измерительной аппаратурой.

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции на всех этапах приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам

Показатели	3нать	Уметь	Владеть
критерии			
Отлично (высокий уровень)	Обладает фактическим и теоретическим знанием в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости.	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития творческих решений, абстрагирования проблем.	Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия работы.
Хорошо (базовый уровень)	Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области.	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования.	Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем.
Удовлетворительно (пороговый уровень)	Обладает базовыми общими знаниями.	Обладает основными умениями, требуемыми для решения простых задач.	Работает при прямом наблюдении.

2. Реализация компетенций

1. Компетенция ПК-7

ПК-7: готовность к изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике проекта.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов.

Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 3.

Таблица 3-Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание	Основные законы и	Объяснять физические	Навыками чтения и
этапов	соотношения волновой и квантовой оптики, оптики	эффекты, лежащие в основе работы	изображения схем оптических и лазерных
	ограниченных световых	оптических, волноводно-	приборов и систем на
	пучков и теории	оптических и лазерных	основе современной
	оптических	элементов и устройств;	элементной базы оптики,
	направляющих структур;	применять на практике	волноводной оптики и
	основы физики взаимо-	известные методы экспе-	лазерной техники.
	действия света со средой	риментального	
	и нелинейной оптики;	исследования лазерных и	
	принципы построения,	волноводно-оптических	
	особенности и характе-	элементов и устройств;	
	ристики интегрально-	выполнять расчеты,	
	оптических и	связанные с опре-	
	оптоэлектронных	делением параметров и	
	элементов и приборов.	характеристик	
		оптических, лазерных и	
		волноводно-оптических	
		компонентов и устройств.	

Виды занятий	Лекции.	Лабораторные работы.	Лабораторные работы.
	Практические занятия.	Практические занятия.	Практические занятия.
		Самостоятельная работа	Самостоятельная работа
		студентов.	студентов.
Используемые	Задачи.	Задачи.	Защита лабораторных
средства	Диф. зачет.	Оформление отчетности	работ.
1		и защита лабораторных	Диф. зачет.
оценивания		работ.	

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 4.

Таблица 1 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	Знает основные законы и соотношения волновой и квантовой оптики, оптики ограниченных световых пучков, теории оптических волноводов и резонаторов; основы физики взаимодействия света со средой и нелинейной оптики; принципы построения, особенности и характеристики оптических, интегрально-оптических и лазерных элементов и приборов.	Умеет объяснять физику работы оптических, лазерных и волноводно-оптических элементов и устройств; применять методы их экспериментального исследования; выполнять расчеты по определению параметров и характеристик оптических, лазерных и волноводно-оптических компонентов и устройств.	Свободно владеет навыками чтения и изображения схем оптических и лазерных приборов и систем на основе современной элементной базы оптики, волноводной оптики и лазерной техники.
Хорошо (базовый уровень)	Понимает связи между различными понятиями в области физической и квантовой оптики. Понимает принципы построения оптических, волноводно-оптических и лазерных элементов и приборов.	Умеет выполнять поиск информации в области оптики и лазерной техники, используя ресурсы отечественных и зарубежных источников. Умеет самостоятельно выбирать методы решения задач в области физической и квантовой оптики.	Владеет навыками работы с литературными источниками, связанными с оптическими явлениями.
Удовлетвори- тельно (пороговый уровень)	Дает определения основных понятий в области оптики.	Умеет работать со справочной литературой; умеет представлять результаты своей работы.	Может корректно представить информацию, связанную с оптическими явлениями.

2.2. Компетенция ПК-17

ПК-17: способность применять современные теоретические и экспериментальные методы исследования с целью создания новых перспективных средств электросвязи и информатики.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов.

Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания, представлены в таблице 5.

Таблица 5-Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	Основные законы и соотношения квантовой оптики и волновой теории направляющих структур; характеристики интегрально-оптических и лазерных элементов и приборов.	Выполнять расчеты характеристик лазерных и волноводно-оптических устройств; проводить компьютерное моделирование и проектирование лазерных, оптических и волноводно-оптических приборов; иметь представление о методах компьютерной оптимизации их характеристик; пользоваться справочными данными по оптическим и лазерным материалам и элементам при проектировании лазерных и оптических приборов.	Навыками проектирования и компьютерного моделирования оптических и лазерных элементов и устройств различного назначения; навыками практической работы с лабораторными образцами оптических и лазерных элементов, с оптическими приборами и контрольно-измерительной аппаратурой.
Виды занятий	Лекции. Практические занятия.	Лабораторные работы. Практические занятия. Самостоятельная работа студентов.	Лабораторные работы. Самостоятельная работа студентов.
Используемые средства оценивания	Задачи. Диф. зачет.	Оформление отчетности и защита лабораторных работ.	Защита лабораторных работ. Диф. зачет.

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 6.

Таблица 6 – Показатели и критерии оценивания компетенции

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	Знает основные законы и соотношения квантовой оптики и волновой теории направляющих оптических структур; принципы построения, особенности и характеристики интегрально-оптических и лазерных элементов и приборов.	Умеет проводить компьютерное моделирование и проектирование лазерных, оптических и волноводно-оптических элементов и устройств; имеет представление о методах компьютерной оптимизации их характеристик; умеет пользоваться	Свободно владеет навыками чтения и изображения схем оптических и лазерных приборов и систем; навыками проектирования и компьютерного моделирования оптических и лазерных элементов и устройств; навыками

		справочными данными по оптическим и лазерным материалам и элементам при проектировании оптических и лазерных приборов.	работы с реальными оптическими и лазерными приборами и с контрольно-измерительной аппаратурой.
Хорошо (базовый уровень)	Понимает связи между различными понятиями в области оптики и квантовой физики. Имеет представление о принципах построения лазерных и интегрально-оптических элементов и приборов.	Имеет представление о методах компьютерной оптимизации характеристик оптических и оптоэлектронных элементов и приборов; умеет пользоваться справочными данными по оптическим и лазерным материалам и элементам при проектировании приборов. Умеет самостоятельно определять методы решения задач проектирования.	Владеет навыками работы с литературными источниками в области оптики и лазерной техники.
Удовлетвори тельно (пороговый уровень)	Имеет представление о принципах построения оптических и лазерных элементов и приборов, об основных понятиях в области оптики и лазерной техники.	Умеет работать со справочной литературой; умеет представлять результаты своей работы.	Может корректно представить знания и информацию, связанную с оптическими явлениями.

3.Типичные контрольные задания

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются следующие материалы:

 контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, в составе:

Контрольные задачи (типичные) по элементарным знаниям и практическим навыкам по темам:

3.1. ТЕМА: Основные положения физической оптики.

Задача 1.

Запишите выражение для напряженности электрического поля плоской световой волны, распространяющейся в среде вдоль оси Z, если в плоскости XOY фазовый сдвиг между компонентами вектора E вдоль осей X и Y составляет 90° , а отношение их амплитуд $E_{mx}/E_{my}=0,5$.

Решение:

Согласно условиям задачи, плоская световая волна распространяется вдоль оси z. Тогда, исходя из поперечной структуры ее поля, вектор \overline{E} может располагаться лишь в плоскости XOY и имеет составляющие E_x и E_y . Изменение величины напряженности

электрического поля плоской световой волны во времени и пространстве определяется выражением:

 $\overline{E} = [\overline{x}_0 E_{mx} \cos(\omega t - kz) + \overline{y}_0 E_{my} \cos(\omega t - kz - \varphi)]$. Поскольку фазовый сдвиг между составляющими вектора \overline{E} вдоль этих осей равен 90°, а $E_{my} = 2E_{mx}$ то это соотношение принимает окончательный вид:

$$\overline{E} = [\overline{x}_0 E_{mx} \cos(\omega t - kz) + \overline{y}_0 \cdot 2E_{mx} \sin(\omega t - kz)] =$$

$$= E_{mx} \cdot [\overline{x}_0 \cos(\omega t - kz) + 2\overline{y}_0 \sin(\omega t - kz)]$$

Таким образом, рассматриваемый случай соответствует плоской световой волне с эллиптической поляризацией, причем большая ось эллипса параллельна оси Y (поскольку $E_{my}=2E_{mx}$).

Задача 2.

На пленочный поляроид падает линейно поляризованный световой пучок мощностью 1 мВт, плоскость поляризации света отклонена от направления главной оси поляроида на 30°. Какова величина световой мощности, прошедшей через поляризатор, если поляризующий материал заключен между двумя стеклянными пластинками (для стекла n=1,51), а френелевскими отражениями на границе между стеклом и этим материалом можно пренебречь?

Решение:

Уменьшение мощности световой волны, прошедшей через поляроид, обусловлено в реальных элементах эффектами частичного отражения света на границах раздела сред с разными свойствами, поглощения света в материале структуры, а также собственно поляризующим действием такого элемента.

Для наглядности представим схему данного элемента (рис. 1.2). Частичное отражение света может наблюдаться здесь на границах раздела 1 — 4 (отмечены стрелками). Согласно условиям задачи, можно пренебречь эффектом отражения света на границах 2 и 3. Поскольку условиями не определена величина оптического поглощения в материале поляроида, им также пренебрегаем. В итоге, для определения прошедшей световой мощности учитываем эффект частичного отражения света на входной и выходной границах структуры (границы 1 и 4), а также отклонением плоскости поляризации света от главного направления поляроида. определяемым законом Малюса.

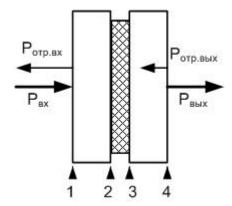


Рис. 1.2. Схема пленочного поляроида.

Поскольку коэффициент отражения света (по интенсивности) на границе диэлектрической среды с показателем преломления $r = \left(\frac{n-1}{n+1}\right)^2$,

то интенсивность (или мощность) прошедшего пучка при полном пропускании поляроида была бы равна $P_{r\check{o}}=P_{r\check{a}\check{a}}\cdot(1-r)(1-r)=P_{r\check{a}\check{a}}\cdot(1-r)^2$. Учет поворота главной оси поляроида относительно плоскости поляризации световой волны приводит это соотношение к виду:

$$P_{\ddot{\imath}\ddot{\eth}}=P_{\ddot{\imath}\dot{a}\ddot{a}}\cdot(1-\mathrm{r})^2\cdot\cos^2\theta$$
 , где θ =30°. Для n=1,51 в итоге получаем: r=0,0413; P_{np} =1· $(1$ -0,0413)²· $\cos^2(30^{\mathrm{o}})$ =0,9178·0,75=0,6884 мВт.

Таким образом, мощность прошедшего через поляроид светового пучка в данном случае составляет 0,6884 мВт.

3.2. ТЕМА: Оптика ограниченных световых пучков

Задача 1.

Круговой гауссов пучок имеет полуширину перетяжки $w_0=10$ мкм. Найдите полуширину пучка на расстоянии 10 м от области перетяжки, если длина волны света λ=1 мкм.

Решение:

Используем выражение для связи полуширины пучка в произвольном сечении с его шириной в области перетяжки:

$$w^2(z) = w_0^2 \left(1 + \frac{z^2}{z_0^2}\right)$$
 и соотношение для продольного размера перетяжки $z_0 = \frac{\pi w_0^2}{\lambda}$.

Комбинируя их, получим:
$$w(z) = w_0 \left(1 + \frac{z^2 \lambda^2}{\pi^2 w_0^4}\right)^{1/2}$$
. И, подставляя сюда заданные параметры получим $w = w_0 (1 + 10^9)^{0.5} = 3.2$ см

параметры, получим $w=w_0(1+10^9)^{0.5}=3.2$ см.

3.3. ТЕМА: Распространение световых волн в материальных средах

Задача 1.

Найдите критическую толщину волноводного слоя для направляемой ТЕ3 моды тонкопленочного асимметричного волновода, если он представляет собой пленку стекла с показателем преломления $n_1=1,6$, нанесенную на подложку из стекла с показателем преломления $n_1=1,5$. Длина волны света $\lambda=1,5$ мкм.

Решение:

Используя соотношение (4.3), найдем:

$$h_{kp} = \frac{3\pi + arctg\sqrt{\frac{n_1^2 - n_2^2}{n_0^2 - n_1^2}}}{k_0\sqrt{n_0^2 - n_1^2}} = \frac{3\pi + arctg\sqrt{\frac{1,5^2 - 1}{1,6^2 - 1,5^2}}}{2\pi\sqrt{1,6^2 - 1,5^2}}\lambda = \frac{3.352\pi}{2\pi \cdot 0.557}\lambda = 3\lambda.$$

Таким образом, критическая толщина волноводного слоя для ТЕ₃ моды равна 4,5 мкм.

3.4. ТЕМА: Взаимодействия света с физическими полями

Задача 1.

Линейно поляризованная световая волна распространяется в направлении оси X кристалла ниобата лития. Найти величину изменения показателя преломления, если к электродам, нанесенным на грани кристалла, перпендикулярные оси Z (толщина кристалла в этом направлении – 1 см), приложено электрическое напряжение в 1 кВ. Плоскость

поляризации света совпадает с плоскостью XOY, длина волны света λ =633 нм. Справка: Величины обыкновенного и необыкновенного показателей преломления на данной длине волны составляют 2,286 и 2,2; а электрооптических коэффициентов r_{I3} =9,6·10⁻¹⁰ см/B; r_{33} =30,9·10⁻¹⁰ см/B.

Решение:

Поскольку световая волна распространяется вдоль оси X, а плоскость поляризации света совпадает с плоскостью XOY, то она соответствует обыкновенной волне в кристалле. Величина изменения показателя преломления за счет линейного электрооптического эффекта в случае обыкновенной поляризации света и управляющего электрического поля, приложенного вдоль оси Z определяется соотношением:

$$\Delta n_2 = -\frac{1}{2}n_0^3 \cdot r_{13} \cdot E_3$$

Подставляя в это выражение заданные значения обыкнвенного показателя преломления, соответствующего электрооптического коэффициента, электрического напряжения и толщины кристаллического образца, получим:

$$\Delta n_2 = -\frac{1}{2}2.286^3 \cdot 9.6 \cdot 10^{-10} \cdot 10^3 = 5,734 \cdot 10^{-6}$$

Таким образом, величина изменения обыкновенного показателя преломления составляет в данном случае $5.734 \cdot 10^{-6}$.

3.5. ТЕМА: Элементы нелинейной оптики

Задача 1.

Дифракционная эффективность фоторефрактивной решетки составляет 10%. Оценить величину поля пространственного заряда E_{sc} , если решетка сформирована в пластине ниобата лития толщиной 1 мм, вектор решетки параллелен оси Z, считывание осуществляется излучением He-Ne лазера с обыкновенной поляризацией, а период решетки равен 5 мкм.

4. Темы самостоятельной работы студентов

- 4.1. Основные положения физической оптики
- 4.2. Оптика ограниченных световых пучков
- 4.3. Распространение световых волн в материальных средах
- 4.4 Взаимодействия света с физическими полями
- 4.5. Элементы нелинейной оптики

5. Темы лабораторных работ

- 1. Исследование дифракции светового пучка в среде с периодической модуляцией показателя преломления.
- 2. Исследование эффективности ввода света в планарный оптический волновод.

6. Экзаменационные вопросы

ТЕМА: Основные положения физической оптики.

- 1. Материальность электромагнитного поля.
- 2. Векторы, характеризующие электромагнитное поле.
- 3. Уравнения Максвелла в интегральной форме.

- 4. Теоремы векторного анализа для связи характеристик скалярных и векторных полей.
- 5. Уравнения Максвелла в дифференциальной форме.
- 6. Материальные уравнения.
- 7. Граничные условия для нормальных составляющих электрического поля.
- 8. Граничные условия для нормальных составляющих магнитного поля.
- 9. Граничные условия для тангенциальных составляющих электрического поля.
- 10. Граничные условия для тангенциальных составляющих магнитного поля.
- 11. Волновое уравнение для электрического и магнитного векторов.
- 12. Плоские волны как простейшее решение волнового уравнения.
- 13. Символическая форма записи для поля плоских волн.
- 14. Распространение плоской волны в произвольном направлении.
- 15. Поперечная структура поля плоских волн.
- 16. Поляризация света. Неполяризованный свет. Частично поляризованный свет.
- 17. Линейная, круговая, эллиптическая поляризация.
- 18. Поляризационные элементы. Дихроизм и оптическая анизотропия.
- 19. Поляризационные призмы.
- 20. Фазовые пластинки.

ТЕМА: Основные положения квантовой физики и квантовой оптики

- 21. Волны де Бройля, их вероятностная трактовка. Корпускулярно волновой дуализм.
- 22. Соотношения неопределенностей.
- 23. Операторы и физические величины в квантовой механике. Понятие самосопряженного оператора.
- 24. Собственные функции и собственные значения операторов. Примеры дискретного и непрерывного спектров.
- 25. Гармонический осциллятор.
- 26. Уравнение Шредингера.
- 27. Индуцированные и спонтанные переходы. Коэффициенты Эйнщтейна и соотношение между ними.
- 28. Энергетические уровни свободных молекул.
- 29. Взаимодействие электромагнитной волны с двухуровневой квантовой системой. Кинетические уравнения для двухуровневой квантовой системы.

Тема: Принципы построения лазеров и области их применения

- 30. Понятие отрицательной температуры в квантовых системах.
- 31. Естественная ширина спектральной линии. Уширение спектральной линии за счет столкновений.
- 32. Допплеровское уширение спектральной линии. Понятие однородного и неоднородного уширения.
- 33. Способы получения инверсии населенности в двухуровневых квантовых системах
- 34. Получение инверсии населенностей в двухуровневой квантовой системе путем пространственного разделения частиц с разным энергетическим состоянием.
- 35. Многоуровневые схемы для достижения инверсии населенности.

ТЕМА: Распространение световых волн в материальных средах

- 36. Планарный оптический волновод.
- 37. Моды планарного волновода.
- 38. Волновое уравнение для ТЕ- мод.
- 39. Решение для полей планарного волновода.

ТЕМА: Взаимодействия света с физическими полями

40. Электрооптический эффект. Феноменологическое описание.

- 41. Акустооптический эффект. Феноменологическая теория.
- 42. Режимы дифракции света на акустических волнах. Дифракция Рамана-Ната и дифракция Брэгга.
- 43. Акустооптический модулятор.

ТЕМА: Элементы нелинейной оптики

- 44. Понятие нелинейно оптической среды и величина интенсивности светового поля, необходимая для проявления нелинейно оптических свойств среды.
- 45. Выражение для диэлектрической проницаемости среды с квадратичной нелинейностью и возможные нелинейно оптические эффекты в такой среде.
- 46. Выражение для диэлектрической проницаемости среды с кубичной нелинейностью и возможные нелинейно оптические эффекты в такой среде.

7. Методические материалы

Для обеспечения процесса обучения и решения задач обучения используются следующие материалы для оценивания знаний и характеризующие этапы формирования компетенций (все методические материалы приведены в п.12 программы):

- 1. В.М. Шандаров. Основы физической и квантовой оптики. Томск: Томск. гос. Ун-т систем упр. и радиоэлектроники, [Электронный ресурс]: учебное пособие- Томск: ТУСУР, 2012. 197 с. Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/750
- 2. М.Борн, Э.Вольф. Основы оптики. М.: Наука. 1970.855с. (5)
- 3. С.М. Шандаров, В.М. Шандаров, А.Е. Мандель, Н.И. Буримов. Фоторефрактивные эффекты в электрооптических кристаллах. Томск: Томск. гос. Ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2007. 241 с. (64 экз.)
- 4. Шандаров, В. М. Исследование дифракции светового пучка в среде с периодической модуляцией показателя преломления: Методические указания к лабораторной работе для бакалавров направления 210700.62 "Инфокоммуникационные технологии и системы связи" (профиль "Оптические системы и сети связи") [Электронный ресурс] / Шандаров В. М. Томск: ТУСУР, 2013. 7 с. Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3701
- 5. Шандаров, В. М. Исследование эффективности ввода света в планарный оптический волновод: Методические указания к лабораторной работе для бакалавров направления 210700.62 "Инфокоммуникационные технологии и системы связи" (профиль "Оптические системы и сети связи") [Электронный ресурс] / Шандаров В. М., Кущ Г. Г. Томск: ТУСУР, 2013. 11 с. Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3703
- 6. В. М. Шандаров. Основы физической и квантовой оптики: Учебно-методическое пособие по практическим занятиям и самостоятельной работе для студентов специальности 210401.65, [Электронный ресурс]: учебное пособие- Томск: ТУСУР, 2013. 57 с. Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/2888/