МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе

_____ **П. Е. Троян**

«___» _____ 2016 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Основы квантовой оптики»

Уровень основной образовательной программы _____Бакалавриат_____

Направление подготовки 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»

Профиль «Оптические системы и сети связи»

Форма обучения_____очная_____

Факультет _____Радиотехнический_____

Кафедра _____Сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники (СВЧиКР)_____

Курс ____второй_____ **Семестр** __четвертый_____

Учебный план набора 2013, 2014, 2015 года и последующих лет.

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				24					24	часов
2.	Лабораторные работы				18					18	часов
3.	Практические занятия				18					18	часов
4.	Курсовой проект/работа (КРС) (аудиторная)				-					-	часов
5.	Всего аудиторных занятий (Сумма 1-4)				60					60	часов
6.	Из них в интерактивной форме				-					-	часов
7.	Самостоятельная работа студентов (СРС)				48					48	часов
8.	Всего (без экзамена) (Сумма 5,7)				108					108	часов
9.	Самост. работа на подготовку, сдачу экзамена										часов
10.	Общая трудоемкость (Сумма 8,9)				108					108	часов
	(в зачетных единицах)				3					3	ЗЕТ

Зачет ___четвертый_____ **семестр**

Томск 2016

Согласована на портале № 8347

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 4 от « 24 » 11 2016 г.

Лист согласований

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) по направлению подготовки 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», утвержденного Приказом Минобрнауки России 06 марта 2015 г. регистрационный номер174, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры « » _____2016 г.,

протокол № ___

Разработчик Профессор каф. СВЧиКР _____ Шандаров В.М.
(должность, кафедра) (подпись) (Ф.И.О.)

Зав. кафедрой СВЧиКР _____ Шарангович С.Н.
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа согласована с факультетом, профилирующей и выпускающей кафедрами.

Декан РТФ _____ Попова К.Ю.
(подпись) (Ф.И.О.)

Зав. профилирующей кафедрой СВЧиКР _____ Шарангович С.Н.
(подпись) (Ф.И.О.)

Зав. выпускающей кафедрой СВЧиКР _____ Шарангович С.Н.
(подпись) (Ф.И.О.)

Эксперты:

ТУСУР, каф.ТОР, доц. _____ С.И.Богомолов

ТУСУР, каф. СВЧиКР Профессор _____ А.Е. Мандель

Согласована на портале № 8347

1. Цели и задачи дисциплины:

Целью преподавания дисциплины является подготовка студентов в области основ квантовой физики и эффектов взаимодействия излучения с веществом, а также физических принципов функционирования современных оптических усилителей и генераторов когерентного излучения.

Основной задачей дисциплины является изучение основных положений квантовой физики и квантовой оптики, эффектов взаимодействия излучения с веществом, основных принципов построения лазеров и лазерных приборов.

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 вариативной части профессионального цикла.

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 квантовой физики и квантовой оптики (ПК-7);
- основные законы и соотношения квантовой теории взаимодействия света с веществом (ПК-7);
- основные принципы построения, особенности и характеристики оптических квантовых элементов и приборов (ПК-7, ПК-17);

Уметь:

- объяснять физические эффекты, лежащие в основе работы квантовых приборов оптического диапазона, а также оптоэлектронных компонентов включая лазерные и светодиодные источники излучения (ПК-7);
- применять на практике известные методы экспериментального исследования квантовых эффектов взаимодействия света с веществом, а также оптоэлектронных компонентов и устройств (ПК-7);
- выполнять расчеты, связанные с определением параметров и характеристик квантовых приборов оптического диапазона (ПК-17);
- проводить компьютерное моделирование и проектирование квантовых приборов оптического диапазона, а также иметь представление о методах компьютерной оптимизации их характеристик (ПК-17);
- пользоваться справочными данными по материалам квантовой электроники и оптоэлектроники при проектировании оптоэлектронных и лазерных приборов, сопоставляя особенности характеристик таких материалов (ПК-17);

Владеть*:*

- навыками чтения и изображения схем оптических и лазерных приборов и систем на основе современной элементной базы оптики и квантовой электроники (ПК-17);
- навыками расчета, проектирования и компьютерного моделирования характеристик оптоэлектронных и лазерных элементов и устройств (ПК-7, ПК-17);

Согласована на портале № 8347

- навыками практической работы с лабораторными образцами оптоэлектронных и лазерных элементов и приборов, а также с контрольно-измерительной аппаратурой (ПК-7).

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры
		4
Аудиторные занятия (всего)	60	60
В том числе:		
Лекции	24	24
Лабораторные работы (ЛР)	18	18
Практические занятия	18	18
Самостоятельная работа (всего), в том числе:	48	48
Изучение материала лекций	12	12
Подготовка к контрольным работам	12	12
Самостоятельное изучение отдельных тем	24	24
Подготовка к экзамену и сдача экзамена		
Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен)	Зачет	
Общая трудоемкость	108	108
Зачетные единицы трудоемкости	3	3

5. Содержание дисциплины

5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекц.	Лаб. зан.	Практ. Зан.	СРС	Все-го час.	**Формируемые компетенции (ОК, ПК)**
1	Введение	1			2	3	ПК-7
2	Основные положения квантовой оптики	6	4	4	8	22	ПК-7, ПК-17
3	Квантовое описание явлений взаимодействия излучения с веществом	4	4	2	10	20	ПК-7, ПК-17
4	Основные принципы построения квантовых приборов оптического диапазона	5	4	4	10	23	ПК-7, ПК-17
5	Современные лазеры и оптические усилители – основные характеристики	6	4	4	10	24	ПК-7, ПК-17
6	Принципы управления	2	2	4	8	16	ПК-7, ПК-17

Согласована на портале № 8347

	характеристиками лазерного излучения						
	Итого:	24	18	18	48	108	

5.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Трудоемкость (час.)	Формируемые компетенции (ОК, ПК)
1	Введение	Задачи курса. Место дисциплины в учебном процессе.	**1**	ПК-7
2	Основные положения квантовой оптики	Постоянная Планка, концепция корпускулярно-волнового дуализма при описании явлений взаимодействия света с веществом. Виды квантовых переходов. Коэффициенты Эйнштейна. Инверсная населенность. Ширина спектральной линии.	**6**	ПК-7, ПК-17
3	Квантовое описание явлений взаимодействия излучения с веществом	Взаимодействие бегущих электромагнитных волн с активной средой. Закон Бугера. Условия усиления и генерации колебаний в квантовых системах.	**4**	ПК-7, ПК-17
4	Основные принципы построения квантовых приборов оптического диапазона	Оптические резонаторы. Структуры электрических полей. Схемы оптических резонаторов. Резонатор-интерферометр Фабри-Перо, спектральные характеристики. Перестраиваемые резонаторы. Селекция продольных и поперечных мод. Условия самовозбуждения лазера.	**5**	ПК-7, ПК-17
5	Современные лазеры и оптические усилители – основные характеристики	Трех- и четырехуровневые лазеры. Стационарные режимы лазеров. Оптимальная обратная связь. Импульсные режимы. Модуляция добротности и синхронизация мод. Типы лазеров (газовые, твердотельные, волоконные, полупроводниковые).	**6**	ПК-7, ПК-17
6	Принципы управления характеристикам и лазерного излучения	Электрооптический и акустооптический эффекты. Электрооптические и акустооптические модуляторы. Параметры и характеристики модуляторов. Осуществление разных видов модуляции. Дефлекторы.	**2**	ПК-7, ПК-17

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

№ п/п	Наименование обеспечивающих (предыдущих) и обеспечиваемых (последующих) дисциплин	№ № разделов данной дисциплины из табл.5.1, для которых необходимо изучение обеспечивающих (предыдущих) и обеспечиваемых (последующих) дисциплин					
		1	2	3	4	5	6
Предшествующие дисциплины							
1	Математический анализ		+	+	+	+	+
2	Физика	+	+	+	+	+	+
3	Информатика		+	+	+	+	+
4	Математические методы описания сигналов			+			

Согласована на портале № 8347

5	Физические основы оптоэлектроники			+	+		
6	Введение в оптические системы и сети связи	+					
Последующие дисциплины							
1	Электромагнитные поля и волны		+	+	+		
2	Основы волоконной оптики		+	+	+	+	+
3	Оптические направляющие среды		+	+	+		+
4	Оптические цифровые телекоммуникационные системы		+		+	+	+
5	Оптоэлектронные и квантовые приборы и устройства		+	+	+	+	+
6	Волоконно-оптические устройства технологического назначения		+	+	+	+	+

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

Перечень компетенций	Виды занятий					Формы контроля по всем видам занятий
	Л	Лаб	Пр.	КР/КП	СРС	
ПК-7	+	+	+		+	Выступление на семинарах. Опрос на лабораторных работах. Зачет
ПК-17	+	+	+		+	Выступление на семинарах. Опрос на лабораторных работах. Зачет

Л – лекция, Лаб – лабораторные работы, Пр – практические занятия, КР/КП – курсовая работа/проект, СРС – 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.)	ОК, ПК
1	Исследование дифракции светового пучка в среде с периодической модуляцией показателя преломления	4	ПК-7, ПК-17
2	Исследование пространственного самовоздействия световых пучков в нелинейно - оптической среде	4	ПК-7, ПК-17
3	Исследование эффективности ввода света в планарный оптический волновод	4	ПК-7, ПК-17
4	Исследование периодических фазовых элементов, формируемых некогерентным излучением в кристалле $LiNbO_3$ с фоточувствительной поверхностью	4	ПК-7, ПК-17

8. Практические занятия (семинары)

№	Раздел дисциплины из табл. 5.1	Тематика практических занятий	Трудо-емкость (час.)	Компетенции ОК, ПК
1	Основные положения квантовой оптики	Постоянная Планка, энергия фотонов	2	ПК-7, ПК-17
2	Основные положения квантовой оптики	Механизмы уширения спектральных линий	2	ПК-7, ПК-17
3	Квантовое описание	Условия усиления и генерации	4	ПК-7, ПК-17

Согласована на портале № 8347

.	явлений взаимодействия излучения с веществом	колебаний в квантовых системах.		
4	Основные принципы построения квантовых приборов оптического диапазона	Моды оптических резонаторов, добротность резонаторов, условия баланса амплитуд.	4	ПК-7, ПК-17
5	Современные лазеры и оптические усилители – основные характеристики	Селекция мод, синхронизация продольных мод	4	ПК-7, ПК-17
6	Принципы управления характеристиками лазерного излучения	Характеристики электрооптического и акустооптического эффектов	2	ПК-7, ПК-17

9. Самостоятельная работа

№ п/п	Разделы дисциплины из табл. 5.1	Тематика самостоятельной работы *(детализация)*	Трудоемкость (час.)	Компетенции ОК, ПК	Контроль выполнения работы
1.	Введение.	Изучение теоретического материала.	2	ПК-7	Зачет
2.	Основные положения квантовой оптики	Изучение теоретического материала. Подготовка к практическим занятиям (семинарам). Подготовка к лабораторной работе	8	ПК-7, ПК-17	Зачет
3.	Квантовое описание явлений взаимодействия излучения с веществом	Изучение теоретического материала. Подготовка к практическим занятиям (семинарам). Подготовка к лабораторной работе	10	ПК-7, ПК-17	Выступления на семинаре. Отчет по лабораторной работе. Зачет
4.	Основные принципы построения квантовых приборов оптического диапазона	Изучение теоретического материала. Подготовка к практическим занятиям (семинарам). Подготовка к лабораторной работе	10	ПК-7, ПК-17	Выступления на семинаре. Отчет по лабораторной работе. Зачет
5.	Современные лазеры и оптические усилители – основные характеристики	Изучение теоретического материала. Подготовка к практическим занятиям (семинарам). Подготовка к лабораторной работе	10	ПК-7, ПК-17	Выступления на семинаре. Зачет
6.	Принципы управления характеристиками лазерного излучения	Изучение теоретического материала. Подготовка к практическим занятиям (семинарам). Подготовка к лабораторной работе	8	ПК-7, ПК-17	Выступления на семинаре. Отчет по лабораторной работе. 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

Согласована на портале № 8347

(КТ1, КТ2) осуществляется путем округления величины, рассчитанной по формуле:

$$КТх\big|_{x=,2} = \frac{(Сумма_баллов, _набранная_к_КТх)*5}{Гребуемая_сумма_баллов_по_балльной_раскладке}.$$

После окончания семестра студент, набравший менее 50 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	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный 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. С.М. Шандаров, А.И. Башкиров. Введение в квантовую и оптическую электронику: Учебное пособие / Федральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники [Электронный ресурс]: учебное пособие - Томск: ТУСУР, 2012. – 98 с. Режим доступа: https://edu.tusur.ru/training/publications/1578
2. 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. В.М. Шандаров. Волоконно-оптические устройства технологического назначения. – Томск: Томск. гос. Ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2007. – 185 с. **(50 экз.)**
3д. 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

Согласована на портале № 8347

радиоэлектроники, 2007. – 241 с. **(64 экз.)**

12.3. Перечень методических указаний по практическим занятиям и лабораторным работам

1. Шандаров В. М., Тренихин П.А. Исследование дифракции светового пучка в среде с периодической модуляцией показателя преломления: [Электронный ресурс]: Методические указания к лабораторной работе для студентов – 2011, 7 с. Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/72
2. Шандаров В. М., Круглов В. Г., Карпушин П. А. Исследование оптического пропускания в $LiNbO_3$ с легированием поверхности фоторефрактивными примесями: [Электронный ресурс]: Методические указания к лабораторной работе для студентов – 2011, 12 с. Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/73
3. Каншу А. В., Шандаров В. М. Исследование периодических фазовых оптических элементов формируемых некогерентным источником света в кристалле linbo3 легированном фотрефрактивными примесями: [Электронный ресурс]: Методические указания к лабораторной работе для студентов – 2011, 8 с. Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/74
4. Карпушин П. А., Шандаров В. М. Исследование эффекта пространственного самовоздействия световых пучков в фоторефрактивном кристалле: [Электронный ресурс]: Методические указания к лабораторной работе для студентов – 2011, 14 с. Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/75
5. 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 том числе, специализированная лаборатория «Оптоэлектроники» (ауд. 333б), а 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.

Для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации используется тестовый контроль знаний.

Лекционные занятия желательно проводятся с применением презентаций, а так же лекционных демонстраций. Это существенно улучшает динамику лекций и способствует лучшему усвоению материала. На лекциях необходимо обращать внимание на особенности применения рассматриваемого материала в последующих курсах, а также в будущей профессиональной деятельности.

Согласована на портале № 8347

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П.Е. Троян
«___» _____ 2016 г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
ОСНОВЫ КВАНТОВОЙ ОПТИКИ

Уровень основной образовательной программы: БАКАЛАВРИАТ

Направление(я) подготовки (специальность): 11.03.02 «ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ СВЯЗИ»

Профиль(и): ОПТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ СВЯЗИ

Форма обучения ОЧНАЯ

Факультет РТФ (РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ)

Кафедра СВЧиКР (СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНОЙ И КВАНТОВОЙ РАДИОТЕХНИКИ)

Курс 2 **Семестр 4**

Учебный план набора 2013, 2014, 2015 годов.

Зачет _____4_____ семестр **Диф. зачет _____ семестр**
Экзамен ___ семестр

Томск 2016

Согласована на портале № 8347

Введение

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины «Основы квантовой 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 компетенции	Этапы формирования компетенции
ПК-7	готовность к изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике проекта	**Должен знать** основные законы и соотношения квантовой оптики; основные законы и соотношения квантовой теории взаимодействия света с веществом; основные принципы построения, особенности и характеристики оптических квантовых элементов и приборов. **Должен уметь** объяснять физические эффекты, лежащие в основе работы квантовых приборов оптического диапазона, а также оптоэлектронных компонентов включая лазерные и светодиодные источники излучения; применять на практике известные методы экспериментального исследования квантовых эффектов взаимодействия света с веществом, а также оптоэлектронных компонентов и устройств. **Должен владеть** навыками расчета, проектирования и компьютерного моделирования характеристик оптоэлектронных и лазерных элементов и устройств; навыками практической работы с лабораторными образцами оптоэлектронных и лазерных элементов и приборов, а также с контрольно-измерительной аппаратурой.
ПК-17	способность применять современные теоретические и экспериментальные методы исследования с целью создания новых перспективных средств электросвязи и информатики	**Должен знать** основные принципы построения, особенности и характеристики оптических квантовых элементов и приборов. **Должен уметь** выполнять расчеты, связанные с определением параметров и характеристик квантовых приборов оптического диапазона; проводить компьютерное моделирование и проектирование квантовых приборов оптического диапазона, а также иметь представление о методах компьютерной оптимизации их характеристик; пользоваться справочными данными по материалам квантовой электроники и оптоэлектроники при проектировании оптоэлектронных и лазерных приборов. **Должен владеть** навыками чтения и изображения схем оптических и лазерных приборов и систем на основе современной элементной базы оптики и квантовой

Согласована на портале № 8347

		электроники; навыками расчета, проектирования и компьютерного моделирования характеристик оптоэлектронных и лазерных элементов и устройств.

2. Реализация компетенций

2.1. 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 2.

Таблица 2–Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	Основные законы и соотношения квантовой оптики; основные законы и соотношения квантовой теории взаимодействия света с веществом; основные принципы построения, особенности и характеристики оптических квантовых элементов и приборов.	Объяснять физические эффекты, лежащие в основе работы квантовых приборов оптического диапазона, а также оптоэлектронных компонентов включая лазерные и светодиодные источники излучения; применять на практике известные методы экспериментального исследования квантовых эффектов взаимодействия света с веществом, а также оптоэлектронных компонентов и устройств.	Навыками расчета, проектирования и компьютерного моделирования характеристик оптоэлектронных и лазерных элементов и устройств; навыками практической работы с лабораторными образцами оптоэлектронных и лазерных элементов и приборов, а также с контрольно-измерительной аппаратурой.
Виды занятий	Лекции. Практические занятия.	Лабораторные работы. Практические занятия. Самостоятельная работа студентов.	Лабораторные работы. Самостоятельная работа студентов.
Используемые средства оценивания	Задачи. Зачет.	Задачи. Оформление отчетности и защита лабораторных работ.	Защита лабораторных работ. Зачет.

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции на всех этапах приведены в таблице 3.

Таблица 1 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
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	Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия работы.

Согласована на портале № 8347

		проблем.	
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.

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

Таблица 2 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Показатели и критерии	**Знать**	**Уметь**	**Владеть**
Отлично (высокий уровень)	Знает основные законы и соотношения квантовой оптики; основные законы и соотношения квантовой теории взаимодействия света с веществом; основные принципы построения, особенности и характеристики оптических квантовых элементов и приборов.	Умеет объяснять физические эффекты, лежащие в основе работы квантовых приборов оптического диапазона, а также оптоэлектронных компонентов включая лазерные и светодиодные источники излучения; применять на практике известные методы экспериментального исследования квантовых эффектов взаимодействия света с веществом, а также оптоэлектронных компонентов и устройств.	Свободно владеет навыками расчета, проектирования и компьютерного моделирования характеристик оптоэлектронных и лазерных элементов и устройств; навыками практической работы с лабораторными образцами оптоэлектронных и лазерных элементов и приборов, а также с контрольно-измерительной аппаратурой.
Хорошо (базовый уровень)	Понимает связи между различными понятиями в области квантовой оптики. Понимает принципы построения оптических квантовых элементов и приборов.	Умеет выполнять поиск информации в области квантовой оптики, используя ресурсы отечественных и зарубежных источников. Умеет самостоятельно выбирать методы решения задач в области квантовой оптики.	Владеет навыками работы с литературными источниками, связанными с квантовыми явлениями в оптике.
Удовлетвори-тельно (пороговый уровень)	Дает определения основных понятий в области квантовой оптики.	Умеет работать со справочной литературой; умеет представлять результаты своей работы.	Может корректно представить информацию, связанную с квантовыми явлениями в оптике.

Согласована на портале № 8347

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 принципы построения, особенности и характеристики оптических квантовых элементов и приборов.	Выполнять расчеты, связанные с определением параметров и характеристик квантовых приборов оптического диапазона; проводить компьютерное моделирование и проектирование квантовых приборов оптического диапазона, а также иметь представление о методах компьютерной оптимизации их характеристик; пользоваться справочными данными по материалам квантовой электроники и оптоэлектроники при проектировании оптоэле-ктронных и лазерных приборов.	Навыками чтения и изображения схем оптических и лазерных приборов и систем на основе современной элементной базы оптики и квантовой электроники; навыками расчета, проектирования и компьютерного моделирования характеристик оптоэлектронных и лазерных элементов и устройств.
Виды занятий	Лекции. Практические занятия.	Лабораторные работы. Практические занятия. Самостоятельная работа студентов.	Лабораторные работы. Самостоятельная работа студентов.
Используемые средства оценивания	Задачи. Зачет.	Оформление отчетности и защита лабораторных работ.	Защита лабораторных работ. Зачет.

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции на всех этапах приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	Обладает фактическими и теоретическими знаниями 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

Согласована на портале № 8347

			проблем.
Удовлетворительно (пороговый уровень)	Обладает базовыми общими знаниями.	Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач.	Работает при прямом наблюдении.

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 7.

Таблица 7 – Показатели и критерии оценивания компетенции

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	Знает основные принципы построения, особенности и характеристики оптических квантовых элементов и приборов.	Умеет выполнять расчеты, связанные с определением параметров и характеристик квантовых приборов оптического диапазона; проводить компьютерное моделирование и проектирование квантовых приборов оптического диапазона, а также иметь представление о методах компьютерной оптимизации их характеристик; пользоваться справочными данными по материалам квантовой электроники и оптоэлектроники при проектировании оптоэлектронных и лазерных приборов.	Свободно владеет навыками чтения и изображения схем оптических и лазерных приборов и систем на основе современной элементной базы оптики и квантовой электроники; навыками расчета, проектирования и компьютерного моделирования характеристик оптоэлектронных и лазерных элементов и устройств.
Хорошо (базовый уровень)	Понимает связь принципов построения с характеристиками оптических квантовых элементов и приборов.	Имеет представление о методах расчета параметров и характеристик квантовых приборов оптического диапазона; о компьютерном моделировании и проектировании квантовых приборов оптического диапазона, о методах компьютерной оптимизации их характеристик; может пользоваться справочными данными по материалам квантовой электроники и оптоэлектроники при проектировании оптоэлектронных и лазерных приборов. Умеет самостоятельно определять методы	Владеет навыками чтения и изображения схем оптических и лазерных приборов и систем на основе современной элементной базы оптики и квантовой электроники; навыками расчета, проектирования и компьютерного моделирования характеристик оптоэлектронных и лазерных элементов и устройств.

Согласована на портале № 8347

		решения задач проектирования.	
Удовлетвори тельно (пороговый уровень)	Имеет представление о принципах построения интегрально-оптических элементов и приборов, об основных понятиях в области оптики.	Умеет работать со справочной литературой; умеет представлять результаты своей работы.	Может корректно представить знания и информацию, связанную с квантовыми явлениями в оптике.

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 квантовой 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. В соответствии с (1.12) изменение величины напряженности электрического поля плоской световой волны во времени и пространстве определяется выражением:
$\overline{E} = \bar{x}_0 E_{mx}\cos(\omega t - kz) + \bar{y}_0 E_{my}\cos(\omega t - kz - \ )$. Поскольку фазовый сдвиг между составляющими вектора $\overline{E}$ вдоль этих осей равен 90°, а $E_{my} = 2E_{mx}$ то это соотношение принимает окончательный вид:
$\overline{E} = \bar{x}_0 E_{mx}\cos(\omega \ - \ z) + \bar{y}_0 \cdot 2E_{mx}\sin(\omega \ - \ z)] =$
$= E_{mx} \cdot [\bar{x}_0 \cos(\omega \ - \ z) + 2\bar{y}_0 \sin(\omega \ - \ z)]$
Таким образом, рассматриваемый случай соответствует плоской световой волне с эллиптической поляризацией, причем большая ось эллипса параллельна оси Y (поскольку $E_{my} = 2E_{mx}$).

Согласована на портале № 8347

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.

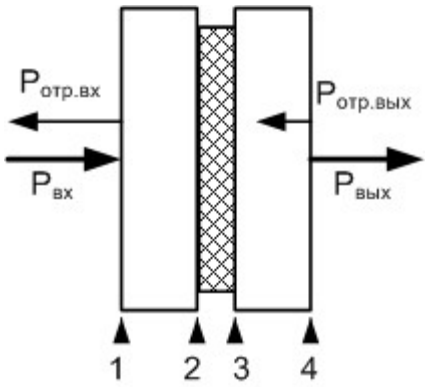


Рис. 1.2. Схема пленочного поляроида.

Поскольку коэффициент отражения света (по интенсивности) на границе диэлектрической среды с показателем преломления n и воздуха определяется соотношением $r = \left(\frac{n-}{n+}\right)$ [2, 3], то интенсивность (или мощность) прошедшего пучка при полном пропускании поляроида была бы равна $P_{пр} = P_{пад} \cdot (1-\mathrm{r})(1-\mathrm{r}) = P_{пад} \cdot (1-\mathrm{r})^2$. Учет поворота главной оси поляроида относительно плоскости поляризации световой волны приводит это соотношение к виду:

$P_{пр} = P_{пад} \cdot (1-\mathrm{r})^2 \cdot \cos^2\theta$, где □=30º. Для n=1,51 в итоге получаем:

r=0,0413; $P_{пр}=1\cdot(1-0{,}0413)^2\cdot\cos^2(30º)=0{,}9178\cdot0{,}75=0{,}6884$ мВт.

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

Согласована на портале № 8347

3.2. ТЕМА: Квантовое описание явлений взаимодействия излучения с веществом

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 $z_0 = \frac{\tau w_0^2}{\lambda}$.
Комбинируя их, получим: $w(z) = w_0\left(+\frac{z^2\lambda}{\pi\ w_0^4}\right)^{\cdot/2}$. И, подставляя сюда заданные параметры, получим $w=w_0(1+10^9)^{0,5}$=3,2 см.

3.3. ТЕМА: Основные принципы построения квантовых приборов оптического диапазона

Задача 1.
Найдите критическую толщину волноводного слоя для направляемой TE_3 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 λ=1,5 мкм.

Решение:
Используя соотношение (4.3), найдем:
$$h_{kp} = \frac{3\pi\ - arctg\sqrt{\frac{n_1^2-n_2^2}{n_0^2-n_1^2}}}{k_0\sqrt{n_0^2-n_1^2}} = \frac{3\pi\ - arctg\sqrt{\frac{1{,}5^2-1}{1{,}6^2-1{,}5^2}}}{2\pi\ \sqrt{1{,}6^2-1{,}5^2}}\lambda\ = \frac{3.352\pi}{2\pi\ 0.557}\lambda\ = 3\lambda\ .$$
Таким образом, критическая толщина волноводного слоя для TE_3 моды равна 4,5 мкм.

3.4. ТЕМА: Современные лазеры и оптические усилители – основные характеристики

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_{13}=9,6·10^{-10} см/В; r_{33}=30,9·10^{-10} см/В.

Решение:
Поскольку световая волна распространяется вдоль оси X, а плоскость поляризации света

Согласована на портале № 8347

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, как следует из (5.8), определяется соотношением:

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

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

$$\Delta n_{_} = -\frac{1}{2} 2.286^3 \cdot 9.6 \cdot 10^{-0} \cdot 10^3 = 5{,}734 \cdot 10^{-}$$

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

3.5. ТЕМА: Принципы управления характеристиками лазерного излучения

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 квантовой оптики
4.2. Квантовое описание явлений взаимодействия излучения с веществом
4.3. Основные принципы построения квантовых приборов оптического диапазона
4.4 Современные лазеры и оптические усилители – основные характеристики
4.5. Принципы управления характеристиками лазерного излучения

5. Темы лабораторных работ

1. Исследование дифракции светового пучка в среде с периодической модуляцией показателя преломления.
2. Исследование пространственного самовоздействия световых пучков в нелинейно - оптической среде.
3. Исследование эффективности ввода света в планарный оптический волновод.
4. Исследование периодических фазовых элементов, формируемых некогерентным излучением в кристалле $LiNbO_3$ с фоточувствительной поверхностью

6. Экзаменационные вопросы

ТЕМА: Основные положения физической оптики.

6.1. Уравнения Максвелла для диэлектрической среды. Материальные уравнения. Уравнения граничных условий.

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.

Согласована на портале № 8347

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.

6.2. Волновое уравнение. Поляризация света. Поляризационные элементы.

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: Оптика ограниченных световых пучков

6.3. Понятие углового спектра плоских волн. Параболическое уравнение теории дифракции.

21. Понятие углового спектра плоских волн.
22. Приближенное решение дифракционных задач на основе углового спектра плоских волн.
23. Параболическое уравнение.
24. Гауссов световой пучок. Основные свойства, поле гауссова пучка.
25. Высшие гауссовы моды.
26. Суть и достоинства методов оптической обработки информации.
27. Преобразование Фурье в оптической системе.
28. Пространственная фильтрация в оптических системах.

ТЕМА: Распространение световых волн в материальных средах

6.4. Распространение света в направляющих структурах.

29. Планарный оптический волновод.
30. Моды планарного волновода.
31. Волновое уравнение для ТЕ- мод.
32. Решение для полей планарного волновода.
33. Дисперсионное уравнение планарного волновода.
34. Материалы интегральной оптики.
35. Связанные оптические волноводы.
36. Распространение световых волн в периодических структурах.

ТЕМА: Взаимодействия света с физическими полями

6.5. Электрооптический, акустооптический и фоторефрактивный эффекты.

37. Электрооптический эффект. Феноменологическое описание.
38. «Поперечный» электрооптический модулятор.
39. Акустооптический эффект. Феноменологическая теория.
40. Режимы дифракции света на акустических волнах. Дифракция Рамана-Ната и дифракция Брэгга.
41. Акустооптический модулятор.
42. Фоторефрактивный эффект. Механизмы пространственного разделения носителей заряда.
43. Кинетика записи и релаксации элементарных голограмм в материале с фотовольтаическим механизмом транспорта носителей заряда.

Согласована на портале № 8347

ТЕМА: Элементы нелинейной оптики

6.6. Нелинейно-оптические преобразования световых полей.

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.

47. Пространственное самовоздействие световых пучков в среде с кубичной нелинейностью. Пространственные оптические солитоны.

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. С.М. Шандаров, А.И. Башкиров. Введение в квантовую и оптическую электронику: Учебное пособие / Федральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники [Электронный ресурс]: учебное пособие - Томск: ТУСУР, 2012. – 98 с. Режим доступа: **https://edu.tusur.ru/training/publications/1578**
2. 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**
3. Шандаров В. М., Тренихин П.А. Исследование дифракции светового пучка в среде с периодической модуляцией показателя преломления: [Электронный ресурс]: Методические указания к лабораторной работе для студентов – 2011, 7 с. Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/72
4. Шандаров В. М., Круглов В. Г., Карпушин П. А. Исследование оптического пропускания в $LiNbO_3$ с легированием поверхности фоторефрактивными примесями: [Электронный ресурс]: Методические указания к лабораторной работе для студентов – 2011, 12 с. Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/73
5. Каншу А. В., Шандаров В. М. Исследование периодических фазовых оптических элементов формируемых некогерентным источником света в кристалле linbo3 легированном фотрефрактивными примесями: [Электронный ресурс]: Методические указания к лабораторной работе для студентов – 2011, 8 с. Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/74
6. Карпушин П. А., Шандаров В. М. Исследование эффекта пространственного самовоздействия световых пучков в фоторефрактивном кристалле: [Электронный ресурс]: Методические указания к лабораторной работе для студентов – 2011, 14 с. Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/75
7. 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/

Согласована на портале № 8347