МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Квантовая и оптическая электроника

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки (специальность): **11.03.04 Электроника и наноэлектроника**
Направленность (профиль): **Квантовая и оптическая электроника**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**
Кафедра: **ЭП, Кафедра электронных приборов**
Курс: **4**
Семестр: **7**
Учебный план набора 2016 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	7 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	14	14	часов
2	Практические занятия	10	10	часов
3	Лабораторные занятия	12	12	часов
4	Всего аудиторных занятий	36	36	часов
5	Из них в интерактивной форме	28	28	часов
6	Самостоятельная работа	36	36	часов
7	Всего (без экзамена)	72	72	часов
8	Подготовка и сдача экзамена / зачета	36	36	часов
9	Общая трудоемкость	108	108	часов
		3.0	3.0	З.Е

Экзамен: 7 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 11671

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 51 от « 1 » 7 2016 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, утвержденного 2015-03-12 года, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчики:

доцент каф. ЭП _____ Быков В. И.

Заведующий обеспечивающей каф. ЭП _____ Шандаров С. М.

Рабочая программа согласована с факультетом, профилирующей и выпускающей кафедрами направления подготовки (специальности).

Декан ФЭТ _____ Воронин А. И.

Заведующий выпускающей каф. ЭП _____ Шандаров С. М.

Эксперты:

Профессор кафедра электронных приборов _____ Орликов Л. Н.

Согласована на портале № 11671

1. Цели и задачи дисциплины

1.1. Цели дисциплины

Цель дисциплины состоит в формировании у студентов представлений о фундаментальных основах квантовой и оптической электроники, которая является важным компонентом профессионального блока подготовки бакалавров по направлению"квантовая и оптическая электроника".

1.2. Задачи дисциплины

– изучение и освоение студентами современных подходов и методов, используемых для анализа и описания явлений квантовой и оптической электроники;

– изучение базовых принципов квантовой и оптической электроники;

– изучение основных принципов построения и реализации устройств квантовой и оптической электроники, рассмотрение примеров конкретных устройств, технологических подходов к их изготовлению и использованию в технологических приложениях.

–

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Квантовая и оптическая электроника» (Б1.В.ОД.8) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются следующие дисциплины: Акустооптические методы обработки информации, Взаимодействие оптического излучения с веществом, Волоконная оптика, Интегральная оптика, Квантовая механика, Математика, Математические основы естественно-научного образования, Математические основы технического образования, Методы математической физики, Оптические методы обработки информации, Физика.

Последующими дисциплинами являются: Квантовые приборы и устройства, Когерентная оптика и голография.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ОПК-1 способностью представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики;

– ОПК-2 способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат;

– ПК-1 способностью строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования;

– ПК-3 готовностью анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций;

В результате изучения дисциплины студент должен:

– **знать** фундаментальные принципы квантовой и оптической электроники; основные линейные и нелинейные явления квантовой и оптической электроники и методы их описания; принципы функционирования квантовых и оптоэлектронных приборов и систем

– **уметь** применять математические методы, физические законы и вычислительную технику для решения практических задач; проводить измерения, обрабатывать и представлять результаты;

– **владеть** современными подходами и методами анализа и описания линейных и нелинейных эффектов квантовой и оптической электроники.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Согласована на портале № 11671

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		7 семестр
Аудиторные занятия (всего)	36	36
Лекции	14	14
Практические занятия	10	10
Лабораторные занятия	12	12
Из них в интерактивной форме	28	28
Самостоятельная работа (всего)	36	36
Оформление отчетов по лабораторным работам	12	12
Проработка лекционного материала	14	14
Подготовка к практическим занятиям, семинарам	10	10
Всего (без экзамена)	72	72
Подготовка и сдача экзамена / зачета	36	36
Общая трудоемкость час	108	108
Зачетные Единицы Трудоемкости	3.0	3.0

5. Содержание дисциплины

5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

№	Названия разделов дисциплины	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
1	Описание квантовых ансамблей	6	6	0	10	22	ОПК-1, ОПК-2, ПК-1, ПК-3
2	Общие вопросы построения лазеров	4	2	4	10	20	ОПК-1, ОПК-2, ПК-1, ПК-3
3	Элементы оптоэлектроники	4	2	8	16	30	ОПК-1, ОПК-2, ПК-1, ПК-3
	Итого	14	10	12	36	72	

Согласована на портале № 11671

5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

Содержание разделов дисциплин (по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 - Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

Названия разделов	Содержание разделов дисциплины по лекциям	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
7 семестр			
1 Описание квантовых ансамблей	Принципы усиления света.Описание квантовых ансамблей в состоянии теплового равновесия и в процессе релаксации. Матрица плотности. Балансные уравнения.	6	ОПК-1, ОПК-2, ПК-1, ПК-3
	Итого	6	
2 Общие вопросы построения лазеров	Элементарная теория резонаторов. Селекция мод. Расходимость пучка Когерентность, однородное и неоднородное уширение Спектральной линии. Твердотельный лазер. Режимы работы. Газовый лазер	4	ОПК-1, ОПК-2, ПК-1, ПК-3
	Итого	4	
3 Элементы оптоэлектроники	Планарные оптические волноводы. Классификация оптических волноводов. Эффективная толщина волновода. Полосковые волноводы.	4	ОПК-1, ОПК-2, ПК-1, ПК-3
	Итого	4	
Итого за семестр		14	

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

Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами представ-лены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 - Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

№	Наименование дисциплин	№ разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин		
		1	2	3
Предшествующие дисциплины				
1	Акустооптические методы обработки информации			+
2	Взаимодействие оптического излучения с веществом	+	+	
3	Волоконная оптика			+
4	Интегральная оптика			+
5	Квантовая механика	+		
6	Математика	+	+	+

Согласована на портале № 11671

7	Математические основы естественно-научного образования	+		
8	Математические основы технического образования		+	+
9	Методы математической физики	+		
10	Оптические методы обработки информации			+
11	Физика	+	+	+
Последующие дисциплины				
1	Квантовые приборы и устройства	+	+	
2	Когерентная оптика и голография		+	+

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

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.4

Таблица 5. 4 – Соответствие компетенций и видов занятий, формируемых при изучении дисциплины

Компетенции	Виды занятий				Формы контроля
	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа	
ОПК-1	+				Контрольная работа, Экзамен, Конспект самоподготовки, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Тест
ОПК-2	+				Контрольная работа, Экзамен, Конспект самоподготовки, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Тест
ПК-1	+	+	+	+	Контрольная работа, Экзамен, Конспект самоподготовки, Защита отчета, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Тест
ПК-3	+	+	+	+	Контрольная работа, Экзамен, Конспект самоподготовки, Защита отчета, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Тест

6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах приведены в

Согласована на портале № 11671

таблице 6.1

Таблица 6.1 – Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах

Методы	Интерактивные практические занятия	Интерактивные лабораторные занятия	Интерактивные лекции	Всего
7 семестр				
Презентации с использованием слайдов с обсуждением			8	8
Решение ситуационных задач	2	2		4
Поисковый метод	2	4	2	8
Работа в команде	4	4		8
Итого за семестр:	8	10	10	28
Итого	8	10	10	28

7. Лабораторный практикум

Содержание лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7. 1 – Содержание лабораторных работ

Названия разделов	Содержание лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
7 семестр			
2 Общие вопросы построения лазеров	Исследование основных параметров полупроводникового лазера	4	ПК-1, ПК-3
	Итого	4	
3 Элементы оптоэлектроники	Полупроводниковые детекторы оптического излучения	4	ПК-1, ПК-3
	Определение электрооптических параметров анизотропных кристаллов.	4	
	Итого	8	
Итого за семестр		12	

8. Практические занятия

Содержание практических работ приведено в таблице 8.1.

Таблица 8. 1 – Содержание практических работ

Названия разделов	Содержание практических занятий	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
7 семестр			
1 Описание квантовых ансамблей	Уравнения Максвелла. Плоские световые волны в безграничных средах. Описание квантовых	6	ПК-1, ПК-3

Согласована на портале № 11671

	ансамблей и процессов релаксации.Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом		
	Итого	6	
2 Общие вопросы построения лазеров	Оптические резонаторы. Характеристики лазерного излучения	2	ПК-1, ПК-3
	Итого	2	
3 Элементы оптоэлектроники	Планарные оптические волноводы	2	ПК-1, ПК-3
	Итого	2	
Итого за семестр		10	

9. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 9.1.

Таблица 9.1 - Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
7 семестр				
1 Описание квантовых ансамблей	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	6	ПК-1, ПК-3	Защита отчета, Конспект самоподготовки, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест, Экзамен
	Проработка лекционного материала	4		
	Итого	10		
2 Общие вопросы построения лазеров	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ПК-1, ПК-3	Защита отчета, Конспект самоподготовки, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест, Экзамен
	Проработка лекционного материала	4		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Итого	10		
3 Элементы оптоэлектроники	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ПК-1, ПК-3	Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест, Экзамен
	Проработка лекционного материала	6		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Итого	16		

Согласована на портале № 11671

Итого за семестр		36		
	Подготовка к экзамену / зачету	36		Экзамен
Итого		72		

10. Курсовая работа

Не предусмотрено РУП

11. Рейтинговая система для оценки успеваемости студентов

11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Балльные оценки для элементов контроля

Элементы учебной деятельности	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
7 семестр				
Конспект самоподготовки	8	8	4	20
Контрольная работа	5	5		10
Опрос на занятиях	3	6	1	10
Отчет по лабораторной работе	10	10		20
Тест		10		10
Итого максимум за период	26	39	5	70
Экзамен				30
Нарастающим итогом	26	65	70	100

11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Пересчет баллов в оценки за контрольные точки представлен в таблице 11.2.

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

11.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 11.3.

Таблица 11. 3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка (ГОС)	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен	Оценка (ECTS)
5 (отлично) (зачтено)	90 - 100	A (отлично)
4 (хорошо) (зачтено)	85 - 89	B (очень хорошо)
	75 - 84	C (хорошо)

Согласована на портале № 11671

	70 - 74	D (удовлетворительно)
3 (удовлетворительно) (зачтено)	65 - 69	
	60 - 64	E (посредственно)
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

12.1. Основная литература

1. Квантовая и оптическая электроника : учебное пособие / А. С. Шангин ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра физической электроники. - Томск : ТУСУР, 2008. - 112 с. : ил. - Библиогр.: с. 112. - (наличие в библиотеке ТУСУР - 49 экз.)

2. Квантовая и оптическая электроника [Текст] : учебник для вузов / А. Н. Пихтин. - М. : Абрис, 2012. - 656 с : ил. - Библиогр.: с. 652-653. - ISBN 978-5-4372-0004-9 (наличие в библиотеке ТУСУР - 42 экз.)

3. Введение в квантовую и оптическую электронику: Учебное пособие / Башкиров А. И., Шандаров С. М. - 2012. 98 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/1578, дата обращения: 25.01.2017.

12.2. Дополнительная литература

1. Малышев В.А. Основы квантовой электроники и лазерной техники: Учебное пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 2005. - 542 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 39 экз.)

2. Верещагин И.К., Косяченко Л.А., Кокин С.М. Введение в оптоэлектронику: Учебное пособие для вузов, - М.: Высшая школа, 1991. – 191 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 52 экз.)

3. Квантовая и оптическая электроника: Учебное пособие / Шангина Л. И. - 2012. 303 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/713, дата обращения: 25.01.2017.

12.3 Учебно-методические пособия

12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Исследование основных параметров полупроводникового лазера: Методические указания к лабораторной работе для студентов направлений 210100.62 – Электроника и наноэлектроника, 222900.62 – Нанотехнологии и микросистемная техника / Башкиров А. И., Щербина В. В. - 2014. 20 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/3984, дата обращения: 25.01.2017.

2. Полупроводниковые детекторы оптического излучения: Методические указания к лабораторной работе для студентов направлений 210100.62 – Электроника и наноэлектроника, 222900.62 – Нанотехнологии и микросистемная техника / Башкиров А. И., Щербина В. В. - 2014. 17 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/3985, дата обращения: 25.01.2017.

3. Определение электрооптических параметров анизотропных кристаллов: Методические указания к лабораторной работе для студентов направлений 210100.62 – Электроника и наноэлектроника, 222900.62 – Нанотехнологии и микросистемная техника / Буримов Н. И., Шандаров С. М. - 2014. 18 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/3986, дата обращения: 25.01.2017.

4. Квантовая и оптическая электроника: Методические указания по самостоятельной работе для студентов направлений 210100.62 – Электроника и наноэлектроника, 222900.62 – Нанотехнологии и микросистемная техника / Башкиров А. И. - 2014. 20 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/3988, дата обращения: 25.01.2017.

5. Квантовая и оптическая электроника: Методические указания к практическим занятиям для студентов направлений 210100.62 – Электроника и наноэлектроника, 222900.62 – Нанотехнологии и микросистемная техника / Башкиров А. И. - 2014. 7 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/3987, дата обращения: 25.01.2017.

6. Физические основы квантовой и оптической электроники: Методические указания к

Согласована на портале № 11671

практическим занятиям / Шандаров С. М. - 2013. 31 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/3483, дата обращения: 25.01.2017.

7. Квантовая и оптическая электроника : Учебно-методическое пособие по практическим занятиям / Шангина Л. И. - 2012. 228 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/714, дата обращения: 25.01.2017.

12.3.2 Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

Для лиц с нарушениями зрения:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

12.4. Базы данных, информационно-справочные, поисковые системы и требуемое программное обеспечение

1. Научно-образовательный портал ТУСУРа

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины

13.1. Общие требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

13.1.1. Материально-техническое обеспечение для лекционных занятий

учебные лабораторные помещения; аудитории с мультимедийным оборудованием; демонстрационные материалы.

13.1.2. Материально-техническое обеспечение для практических занятий

Для проведения практических (семинарских) занятий используется учебная аудитория, расположенная по адресу 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 1 этаж, ауд. 110. Состав оборудования: Учебная мебель; Доска магнитно-маркерная -1шт.;

13.1.3. Материально-техническое обеспечение для лабораторных работ

Для проведения лабораторных занятий используется учебно-исследовательская вычислительная лаборатория, расположенная по адресу 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 1 этаж, ауд. 111. Состав оборудования: Учебная мебель; Лабораторные макеты.

13.1.4. Материально-техническое обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используется учебная аудитория (компьютерный класс), расположенная по адресу 634034, г. Томск, ул. Вершинина, 47, 5 этаж, ауд. 511. Состав оборудования: учебная мебель; компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. - 10 шт.; компьютеры подключены к сети ИНТЕРНЕТ и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

13.2. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При обучении студентов **с нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями слуха, мобильной системы обучения для студентов с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой обучаются студенты с нарушением слуха, оборудована

Согласована на портале № 11671

компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При обучении студентов **с нарушениями зрениями** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для удаленного просмотра.

При обучении студентов **с нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями опорно-двигательного аппарата, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

14. Фонд оценочных средств

14.1. Основные требования к фонду оценочных средств и методические рекомендации

Фонд оценочных средств и типовые контрольные задания, используемые для оценки сформированности и освоения закрепленных за дисциплиной компетенций при проведении текущей, промежуточной аттестации по дисциплине приведен в приложении к рабочей программе.

14.2 Требования к фонду оценочных средств для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для студентов с инвалидностью предусмотрены дополнительные оценочные средства, перечень которых указан в таблице.

Таблица 14 – Дополнительные средства оценивания для студентов с инвалидностью

Категории студентов	Виды дополнительных оценочных средств	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами
С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами, исходя из состояния обучающегося на момент проверки

14.3 Методические рекомендации по оценочным средствам для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;
- предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге;
- набор ответов на компьютере;
- набор ответов с использованием услуг ассистента;
- представление ответов устно.

Согласована на портале № 11671

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 11671

Приложение 1

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Квантовая и оптическая электроника

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки (специальность): **11.03.04 Электроника и наноэлектроника**
Направленность (профиль): **Квантовая и оптическая электроника**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**
Кафедра: **ЭП, Кафедра электронных приборов**
Курс: **4**
Семестр: **7**

Учебный план набора 2016 года

Разработчики:

- доцент каф. ЭП Быков В. И.

Экзамен: 7 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 11671

1. Введение

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины (практики) 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 (практике) используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной (практикой) компетенций приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

Код	Формулировка компетенции	Этапы формирования компетенций
ОПК-1	способностью представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики	Должен знать фундаментальные принципы квантовой и оптической электроники; основные линейные и нелинейные явления квантовой и оптической электроники и методы их описания; принципы функционирования квантовых и оптоэлектронных приборов и систем ; Должен уметь применять математические методы, физические законы и вычислительную технику для решения практических задач; проводить измерения, обрабатывать и представлять результаты; ; Должен владеть современными подходами и методами анализа и описания линейных и нелинейных эффектов квантовой и оптической электроники.;
ОПК-2	способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат	
ПК-1	способностью строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования	
ПК-3	готовностью анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций	

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

Таблица 2 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций 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 проблем

Согласована на портале № 11671

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

2 Реализация компетенций

2.1 Компетенция ОПК-1

ОПК-1: способностью представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики.

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 этапов	фундаментальные принципы квантовой и оптической электроники; - основные линейные и нелинейные явления вантовой и оптической электроники и методы их описания; принципы функционирования квантовых и оптоэлектронных приборов и систем	применять современные подходы и методы, используемые для анализа и описания явлений квантовой и оптической электроники	современными подходами и методами анализа и описания линейных и нелинейных эффектов квантовой и оптической электроники
Виды занятий	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Подготовка и сдача экзамена / зачета;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Подготовка и сдача экзамена / зачета;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Лабораторные занятия; • Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	• Контрольная работа; • Отчет по лабораторной работе; • Опрос на занятиях; • Конспект самоподготовки; • Тест; • Экзамен;	• Контрольная работа; • Отчет по лабораторной работе; • Опрос на занятиях; • Конспект самоподготовки; • Тест; • Экзамен;	• Отчет по лабораторной работе; • Экзамен;

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в

Согласована на портале № 11671

таблице 4.

Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	• основные линейные и нелинейные явления квантовой и оптической электроники и методы их описания ;	• творчески исследовать и анализировать линейные и нелинейные явления квантовой и оптической электроники ;	• методами исследования и анализа линейных и нелинейных явлений квантовой и оптической электроники ;
Хорошо (базовый уровень)	• основные принципы функционирования квантовых и оптоэлектронных приборов;	• использовать квантовые и оптоэлектронные приборы и устройства для исследования взаимодействия излучения с веществом ;	• навыками использования квантовых и оптоэлектронных приборов и устройств для исследования взаимодействия излучения с веществом ;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• основные принципы и положения квантовой и оптической электроники;	• решать задачи квантовой и оптической электроники;	• методами решения задач квантовой и оптической электроники;

2.2 Компетенция ОПК-2

ОПК-2: способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат.

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	физические основы квантовой и оптической электроники	применять основные положения, законы и методы квантовой и оптической электроники для понимания естественнонаучной сущности проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности.	методами исследования и анализа явлений квантовой и оптической электроники
Виды занятий	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Лабораторные занятия; • Самостоятельная работа;

Согласована на портале № 11671

	• Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Подготовка и сдача экзамена / зачета;	• Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Подготовка и сдача экзамена / зачета;	
Используемые средства оценивания	• Контрольная работа; • Отчет по лабораторной работе; • Опрос на занятиях; • Конспект самоподготовки; • Тест; • Экзамен;	• Контрольная работа; • Отчет по лабораторной работе; • Опрос на занятиях; • Конспект самоподготовки; • Тест; • Экзамен;	• Отчет по лабораторной работе; • Экзамен;

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

Таблица 6 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	• основные линейные и нелинейные явления квантовой и оптической электроники и методы их описания;	• творчески исследовать и анализировать линейные и нелинейные явления квантовой и оптической электроники;	• математическими и экспериментальными методами анализа поставленной задачи исследований в области квантовой и оптической электроники ;
Хорошо (базовый уровень)	• основные принципы функционирования квантовых и оптоэлектронных приборов;	• использовать квантовые и оптоэлектронные приборы и устройства для исследования взаимодействия излучения с веществом ;	• экспериментальными методами анализа поставленной задачи исследований в области квантовой и оптической электроники;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• основные принципы и положения квантовой и оптической электроники ;	• решать задачи квантовой и оптической электроники;	• методами анализа конкретной поставленной задачи квантовой и оптической электроники;

2.3 Компетенция ПК-1

ПК-1: способностью строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание	принципы работы	рассчитывать	опытом моделирования

Согласована на портале № 11671

этапов	излучателей и фотоприемников; методы расчета основных электрических и оптических параметров оптоэлектронных приборов; технические характеристики приборов и устройств квантовой и оптической электроники	электрофизические и оптические характеристики, построить математическую модель параметров материалов и устройств квантовой и оптической электроники с целью их оптимизации; проводить измерения параметров материалов и устройств квантовой и оптической электроники	оптоэлектронных приборов и расчета их параметров; использования приборов квантовой и оптической электроники; программными средствами компьютерного моделирования.
Виды занятий	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Подготовка и сдача экзамена / зачета;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Подготовка и сдача экзамена / зачета;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Лабораторные занятия; • Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	• Контрольная работа; • Отчет по лабораторной работе; • Опрос на занятиях; • Конспект самоподготовки; • Тест; • Экзамен;	• Контрольная работа; • Отчет по лабораторной работе; • Опрос на занятиях; • Конспект самоподготовки; • Тест; • Экзамен;	• Отчет по лабораторной работе; • Экзамен;

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 8.

Таблица 8 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	• методы расчета и технические характеристики приборов квантовой и оптической электроники; • Стандартные программные средства для компьютерного моделирования;	• Производить анализ работы устройств и приборов квантовой и оптической электроники ;	• Владеет стандартными программными средствами компьютерного моделирования;
Хорошо (базовый	• Стандартные	• проводить	• навыками работы с

Согласована на портале № 11671

уровень)	программные средства для компьютерного моделирования;	необходимые измерения параметров устройств квантовой и оптической электроники;	приборами квантовой и оптической электроники;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• назначение и характеристики приборов квантовой и оптической электроники;	• иметь общее представление о способах расчета параметров приборов.;	• методами копирования информации; методом поиска в интернете;

2.4 Компетенция ПК-3

ПК-3: готовностью анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	физическую сущность процессов, протекающих при взаимодействии электромагнитного (оптического) излучения с веществом; основы теоретического анализа базовых элементов и устройств квантовой и оптической электроники, применяемых в современных информационных системах; возможности оптических методов для решения задач передачи и обработки информации.	применять практические навыки анализа процессов в системах передачи и обработки информации, использующих средства и методы квантовой и оптической электроники; пользоваться современной научно-технической информацией и документацией по квантовой и оптической электронике;проводить лабораторные работы с лазерами, фотоприемниками и другими оптоэлектронными устройствами.	Необходимым для анализа и расчетов математическим аппаратом; компьютерными средствами для обработки информации и моделирования.
Виды занятий	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Лабораторные занятия; • Самостоятельная работа;

Согласована на портале № 11671

	• Подготовка и сдача экзамена / зачета;	• Подготовка и сдача экзамена / зачета;	
Используемые средства оценивания	• Контрольная работа; • Отчет по лабораторной работе; • Опрос на занятиях; • Конспект самоподготовки; • Тест; • Экзамен;	• Контрольная работа; • Отчет по лабораторной работе; • Опрос на занятиях; • Конспект самоподготовки; • Тест; • Экзамен;	• Отчет по лабораторной работе; • Экзамен;

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 10.

Таблица 10 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	• Физические основы квантовой электроники; • ответы на вопросы и тесты;	• Обладает диапазоном теоретических и практических умений, требуемых для развития творческих решений ;	• Стандартными средствами компьютерного моделирования;
Хорошо (базовый уровень)	• Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах смежных дисциплин ;	• Умеет ориентироваться в назначении установок квантовой и оптической электроники;	• Имеет навыки работы с приборами квантовой электроники;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области;	• Умеет обрабатывать информацию из Интернета;	• Работает при прямом контроле;

3 Типовые контрольные задания

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются типовые 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 следующем составе.

3.1 Вопросы на самоподготовку

– Принцип усиления ЭМИ Уравнения Максвелла в дифференциальной форме. Материальные уравнения Одномерное волновое уравнение. Плоские скалярные волны. Гармонические волны Плоская волна, распространяющаяся в произвольном направлении ЭМ плоские волны Поляризация плоских волн Закон сохранения энергии. Вектор Пойнтинга Волновой пакет. Групповая скорость

– Укажите диапазоны длин волн ультрафиолетового, видимого и инфракрас- ного диапазонов оптического излучения. Назовите основные световые и энергетические характеристики оптического излучения. Охарактеризуйте основные типы переходов между энергетическими уров- нями в квантовой системе и назовите виды вынужденных переходов. Напишите условие инверсионной населенности и проведите классификацию методов энергетической накачки активных среде. Объясните работу оптического резонатора и напишите условие самовозбу- ждения лазера. Приведите структурную схему лазера, объясните назначение элементов и приведите основные оптические и электрические параметры лазеров. Объясните принцип работы твердотельного рубинового лазера, укажите его основные параметры. Приведите энергетическую диаграмму газового He-Ne лазера и объясните принцип его работы. Объясните

Согласована на портале № 11671

принцип работы молекулярного CO2 - лазера и ионного лазеров, назовите их основные параметры и области использования.

3.2 Тестовые задания

– В ансамбле частиц с двумя уровнями энергии (первоначально находящимся в состоянии термодинамического равновесия), при оптической накачке инверсию населённостей: А. можно создать при малых плотностях энергии накачки ρ Б. можно создать при больших ρ В. можно создать при любых ρ Г. создать невозможно в принципе

– В состоянии, близком к ТДР, разность населённостей уровней Δn=n1–n2 при росте интенсивности падающего излучения с частотой v21: А. не изменяется Б. возрастает В. снижается

3.3 Темы опросов на занятиях

– Принципы усиления света. Описание квантовых ансамблей в состоянии теплового равновесия и в процессе релаксации. Матрица плотности. Балансные уравнения.

– Элементарная теория резонаторов. Селекция мод. Расходимость пучка Когерентность, однородное и неоднородное уширение Спектральной линии. Твердотельный лазер. Режимы работы. Газовый лазер

– Планарные оптические волноводы. Классификация оптических волноводов. Эффективная толщина волновода. Полосковые волноводы.

3.4 Экзаменационные вопросы

– 1. Принцип усиления ЭМИ 2. Представления функции состояния. Вектор состояния. Совектор состояния. 3. Схемы функционирования твердотельных лазеров. 1. Лазер с синхронизацией мод генерирует периодическую последовательность импульсов с длительностью 10-10с и частотой повторения 100 МГц и имеет среднюю мощность 100 мВт. Определите мощность излучения и энергию в импульсе. 2. Вывести систему уравнений баланса, соответствующую термостатированному ансамблю частиц с тремя энергетическими уровнями. Принять, что поле накачки индуцирует переходы между уровнями 1 и 3 с вероятностью W13 для одной частицы в единицу времени; учесть спонтанные переходы. 3. Плоская монохроматическая электромагнитная волна, распространяющаяся вдоль оси z, имеет равные по амплитуде и сдвинутые по фазе на –π/2 проекции вектора электрической напряженности на оси x и y. Определите вид поляризации данной волны.

3.5 Темы контрольных работ

– Для термостатированного ансамбля, находящегося в состоянии релаксации, запишите уравнение, описывающее эволюцию недиагонального элемента 12(t) и найдите его общее решение.

3.6 Темы лабораторных работ

– Исследование основных параметров полупроводникового лазера
– Полупроводниковые детекторы оптического излучения
– Определение электрооптических параметров анизотропных кристаллов.

4 Методические материалы

Для обеспечения процесса обучения и решения задач обучения используются следующие материалы:

– методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы фор-мирования компетенций, согласно п. 12 рабочей программы.

4.1. Основная литература

1. Квантовая и оптическая электроника : учебное пособие / А. С. Шангин ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра физической электроники. - Томск : ТУСУР, 2008. - 112 с. : ил. - Библиогр.: с. 112. - (наличие в библиотеке ТУСУР - 49 экз.)

2. Квантовая и оптическая электроника [Текст] : учебник для вузов / А. Н. Пихтин. - М. : Абрис, 2012. - 656 с : ил. - Библиогр.: с. 652-653. - ISBN 978-5-4372-0004-9 (наличие в библиотеке ТУСУР - 42 экз.)

Согласована на портале № 11671

3. Введение в квантовую и оптическую электронику: Учебное пособие / Башкиров А. И., Шандаров С. М. - 2012. 98 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/1578, свободный.

4.2. Дополнительная литература

1. Малышев В.А. Основы квантовой электроники и лазерной техники: Учебное пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 2005. - 542 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 39 экз.)
2. Верещагин И.К., Косяченко Л.А., Кокин С.М. Введение в оптоэлектронику: Учебное пособие для вузов, - М.: Высшая школа, 1991. – 191 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 52 экз.)
3. Квантовая и оптическая электроника: Учебное пособие / Шангина Л. И. - 2012. 303 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/713, свободный.

4.3. Обязательные учебно-методические пособия

1. Исследование основных параметров полупроводникового лазера: Методические указания к лабораторной работе для студентов направлений 210100.62 – Электроника и наноэлектроника, 222900.62 – Нанотехнологии и микросистемная техника / Башкиров А. И., Щербина В. В. - 2014. 20 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/3984, свободный.
2. Полупроводниковые детекторы оптического излучения: Методические указания к лабораторной работе для студентов направлений 210100.62 – Электроника и наноэлектроника, 222900.62 – Нанотехнологии и микросистемная техника / Башкиров А. И., Щербина В. В. - 2014. 17 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/3985, свободный.
3. Определение электрооптических параметров анизотропных кристаллов: Методические указания к лабораторной работе для студентов направлений 210100.62 – Электроника и наноэлектроника, 222900.62 – Нанотехнологии и микросистемная техника / Буримов Н. И., Шандаров С. М. - 2014. 18 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/3986, свободный.
4. Квантовая и оптическая электроника: Методические указания по самостоятельной работе для студентов направлений 210100.62 – Электроника и наноэлектроника, 222900.62 – Нанотехнологии и микросистемная техника / Башкиров А. И. - 2014. 20 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/3988, свободный.
5. Квантовая и оптическая электроника: Методические указания к практическим занятиям для студентов направлений 210100.62 – Электроника и наноэлектроника, 222900.62 – Нанотехнологии и микросистемная техника / Башкиров А. И. - 2014. 7 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/3987, свободный.
6. Физические основы квантовой и оптической электроники: Методические указания к практическим занятиям / Шандаров С. М. - 2013. 31 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/3483, свободный.
7. Квантовая и оптическая электроника : Учебно-методическое пособие по практическим занятиям / Шангина Л. И. - 2012. 228 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/714, свободный.

4.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы

1. Научно-образовательный портал ТУСУРа

Согласована на портале № 11671