



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДВФУ)

**ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК**

«СОГЛАСОВАНО»

Руководитель ОП

(подпись)

Саранин А.А.

(Ф.И.О. рук. ОП)

« 19 » сентября 2018 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Заведующий кафедрой

Физики низкоразмерных структур

(название кафедры)

(подпись)

Саранин А.А.

(Ф.И.О. зав.каф.)

« 19 » сентября 2018 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Избранные главы квантовой электроники

**Направление подготовки 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника**

магистерская программа "Нанотехнологии в электронике"

**Форма подготовки очная**

курс 1 семестр 2

лекции 36 час.

практические занятия 36 час.

лабораторные работы \_\_\_\_\_ час.

в том числе с использованием МАО лек. \_\_\_\_\_ /пр. \_\_\_\_\_ /лаб. \_\_\_\_\_ час.

в том числе в электронной форме лек. \_\_\_\_\_ /пр. \_\_\_\_\_ /лаб. \_\_\_\_\_ час.

всего часов аудиторной нагрузки 72 час.

в том числе с использованием МАО \_\_\_\_\_ час.

в том числе контролируемая самостоятельная работа \_\_\_\_\_ час.

в том числе в электронной форме \_\_\_\_\_ час.

самостоятельная работа 72 час.

в том числе на подготовку к экзамену \_\_\_\_\_ час.

курсовая работа / курсовой проект \_\_\_\_\_ семестр

зачет 2 семестр

экзамен \_\_\_\_\_ семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта высшего образования, самостоятельно устанавливаемого ДВФУ, утвержденного приказом ректора от 13.06.2017 № 12-13-1206.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры физики низкоразмерных структур, протокол № 1 от « 19 » сентября 2018 г.

Заведующий (ая) кафедрой \_Саранин А.А. \_\_\_\_\_

Составитель (ли): \_\_д.ф.-м.н. Каменев О.Т., к.ф.-м.н. Дышлюк А.В.

**Оборотная сторона титульного листа РПУД**

**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ А.А. Саранин  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ А.А. Саранин  
(подпись) (И.О. Фамилия)

## ABSTRACT

### **Study program in 11.04.04 Electronics and nanoelectronics**

#### **Course title: Selected topics of quantum electronics**

#### **Basic part of Block, 3 credits**

**Instructor:** A.V. Dyshlyuk, candidate of physical and mathematical Sciences, associate Professor of the General and experimental physics department, School of Natural Sciences of Far Eastern Federal University.

#### **At the beginning of the course a student should be able to:**

GPC-2. The ability to use the results of the development of disciplines of the master's program.

#### **Learning outcomes:**

GPC-1, the ability to understand general problems in the subject of investigation and choose methods and facilities of solving the problems.

SPC-1, readiness to formulate the goals and objectives of scientific research in accordance with the trends and prospects of development of electronics and nanoelectronics, as well as related fields of science and technology, the ability to reasonably choose theoretical and experimental methods and tools for solving formulated problems

#### **Course description:**

This course considers the fundamental physical processes of quantum electronics. Course begins from short introduction to quantum electronics. Then the principles of laser operation are discussed in detail. After lesson teacher gives students plan of investigated topic. Hence, to be prepared for the practical lessons students have to study subject of the previous lecture in depth by themselves.

#### **Main course literature:**

1. Kiselev, G.L. Quantum and optical electronics [Electronic resource]:. - Electron. Dan. - SPb. : Lan, 2011. - 314 p. - Access mode: <https://e.lanbook.com/book/91904>.

2. Gorodetsky, M.L. Giant-quality optical microresonators. [Electronic resource]: monograph. - Electron. Dan. - M.: Fizmatlit, 2011. - 416 p. - Access mode: <https://e.lanbook.com/book/2733>.

3. Shandarov, S.M., Bashkirova A. I. Introduction to quantum and optical electronics [Electronic resource]: a tutorial / S.M. Shandarov, A.I. Bashkirova. - Tomsk: Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, 2012. - 98 p. - Access mode: <http://www.iprbookshop.ru/13922>.

4. Batenin, V.M. Lasers on self-limited transitions of metal atoms - 2. V. 1 [Electronic resource]: a tutorial / V.M. Batenin, A.M. Boychenko, V.V. Buchanov.

- Electron. Dan. - M.: Fizmatlit, 2009. - 542 p. - Access mode:  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=2668](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2668).

5. Abramochkin, E.G. Modern optics of Gaussian beams [Electronic resource]: / E.G. Abramochkin, V.G. Volostnikov. - Electron. Dan. - M.: Fizmatlit, 2010. - 182 p. - Access mode:  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=48281](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=48281). **Form of final knowledge control: pass.**

## АННОТАЦИЯ

Рабочая программа "Избранные главы квантовой электроники" разработана для студентов 1 курса магистратуры направления подготовки 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника» в соответствии с требованиями ОС ВО.

Дисциплина «Избранные главы квантовой электроники» входит в базовую часть модуля Б1 с кодом Б1.В.01.02.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 ЗЕТ (108 час.). Учебным планом предусмотрены лекции (36 час) и практические занятия (36 час.), самостоятельная работа студента (72 час.). Дисциплина «Избранные главы квантовой электроники» входит в группу «вариативная часть» профессионального цикла, реализуется на 1 курсе, во 2 семестре.

**Цель дисциплины:** дать представление о фундаментальных физических процессах, лежащих в основе квантовой электроники, рассмотреть принцип действия, особенности конструкций, требования к активным материалам и элементам, возможности и технические характеристики приборов и устройств квантовой электроники, подготовить будущих специалистов к теоретически грамотному их применению.

### **Задачи дисциплины:**

1. Формирование у студентов целостного представления о механизмах функционирования приборов квантовой и оптической электроники как на микро-, так и на макроуровне;

2. Формирование у студентов понятийного аппарата квантовой и оптической электроники, для более полного и точного понимания сути процессов, протекающих в неравновесных квантовых системах и лежащих в основе работы квантовых источников излучения;

3. Формирование у студентов навыков анализа принципов и особенностей функционирования широкого круга квантовых источников излучения; выявления ключевых параметров, определяющих их режимы работы, спектральные и энергетические характеристики.

Для успешного изучения дисциплины «Избранные главы квантовой электроники» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

ОПК-2. Способность использовать результаты освоения дисциплин программы магистратуры.

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие общекультурные/ общепрофессиональные/ профессиональные компетенции.

ОПК-1. Способность понимать основные проблемы в своей предметной области, выбирать методы и средства их решения

ПК-1 готовность формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и наноэлектроники, а также смежных областей науки и техники, способностью обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач.

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-1 Способность понимать основные проблемы в своей предметной области, выбирать методы и средства их решения	Знает (базовый уровень)	Понятийный аппарат квантовой и оптической электроники, для более полного и точного понимания сути процессов, протекающих в неравновесных квантовых системах и лежащих в основе работы квантовых источников излучения;
	Умеет (продвинутый уровень)	Выявлять ключевые параметры, определяющие режимы работы широкого круга квантовых источников излучения.
	Владеет (высокий уровень)	Навыками анализа принципов функционирования широкого круга квантовых источников излучения;
ПК-1 готовность формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и	Знает (базовый уровень)	Цели и задачи научных исследований в области квантовой и оптической электроники
	Умеет (продвинутый уровень)	Выбирать методы и средства решения научных задач квантовой и оптической электроники

<p>наноэлектроники, а также смежных областей науки и техники, способностью обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач</p>	<p>Владеет (высокий уровень)</p>	<p>Обоснованно выбирать методы и средства решения научных задач квантовой и оптической электроники</p>
--	----------------------------------	--

## **I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА - лекции (36 ч.)**

### **Тема 1. Базовые концепции квантовой электроники (4 час.)**

Спонтанное и вынужденное излучение. Принцип работы лазера. Инверсия населенностей. Пороговые условия лазерной генерации. Основные свойства лазерных пучков. Различные типы лазеров.

### **Тема 2. Квантовые ансамбли и взаимодействие электромагнитного излучения с веществом (8 час.)**

Понятие о ширине линии и времени релаксации. Однородное и неоднородное уширение линии. Насыщение поглощения и усиления: стационарный и нестационарный случаи. Релаксация и безызлучательные переходы.

### **Тема 3. Лазерные резонаторы (8 час.).**

Гауссовы пучки. Устойчивые оптические резонаторы. Понятие о собственных модах и собственных значениях резонатора. Критерий устойчивости резонатора. Неустойчивые резонаторы.

### **Тема 4. Накачка лазеров (8 час.).**

Накачка лазеров - общие принципы, виды накачки. Накачка некогерентным оптическим излучением. Эффективность и скорость накачки. Лазерная накачка. Электрическая накачка.

### **Тема 5. Стационарный и нестационарные режимы работы лазера (8 час.).**

Непрерывный режим работы лазера. Скоростные уравнения. Пороговые условия и выходная мощность лазера. Оптимальная связь на выходе лазера. Перестройка частоты генерации лазера. Селекция мод. Нестационарные режимы работы лазера. Релаксационные колебания. Модуляция добротности. Синхронизация мод.

## **II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

### **Практические занятия (36 час.)**

#### **Занятие 1. Базовые концепции квантовой электроники (4 час.)**

Спонтанное и вынужденное излучение. Принцип работы лазера. Инверсия населенностей. Пороговые условия лазерной генерации. Основные свойства лазерных пучков. Различные типы лазеров.

### **Занятие 2. Квантовые ансамбли и взаимодействие электромагнитного излучения с веществом (8 час.)**

Понятие о ширине линии и времени релаксации. Однородное и неоднородное уширение линии. Насыщение поглощения и усиления: стационарный и нестационарный случаи. Релаксация и безызлучательные переходы.

### **Занятие 3. Лазерные резонаторы (8 час.).**

Гауссовы пучки. Устойчивые оптические резонаторы. Понятие о собственных модах и собственных значениях резонатора. Критерий устойчивости резонатора. Неустойчивые резонаторы.

### **Занятие 4. Накачка лазеров (8 час.).**

Накачка лазеров - общие принципы, виды накачки. Накачка некогерентным оптическим излучением. Эффективность и скорость накачки. Лазерная накачка. Электрическая накачка.

### **Занятие 5. Стационарный и нестационарные режимы работы лазера (8 час.).**

Непрерывный режим работы лазера. Скоростные уравнения. Пороговые условия и выходная мощность лазера. Оптимальная связь на выходе лазера. Перестройка частоты генерации лазера. Селекция мод. Нестационарные режимы работы лазера. Релаксационные колебания. Модуляция добротности. Синхронизация мод.

### III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Избранные главы квантовой электроники» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;

характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению;

требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;

критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

На самостоятельную работу студентов по курсу «Избранные главы квантовой электроники» отводится 72 часа. Контактной самостоятельной работы в рамках данного курса не предусмотрено.

### IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства		
			текущий контроль	промежуточная аттестация	
1	Базовые концепции квантовой и оптической электроники	ОПК-1	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы 1 - 6 Собеседование (УО-1)
			умеет		
			владеет		
2	Квантовые ансамбли и взаимодействие электромагнитного излучения с веществом	ПК-1	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы 7 - 10 Собеседование (УО-1)
			умеет		
			владеет		
3	Лазерные резонаторы	ОПК-1, ПК-1	знает	Контрольная работа (ПР-2)	Вопросы 11 - 16 Собеседование (УО-1)
			умеет,		
			владеет		
4	Накачка лазеров	ПК-1	знает	Контрольная работа (ПР-2)	Вопросы 17 - 22 Собеседование (УО-1)
			умеет		
			владеет		
5	Стационарный и нестационарные режимы работы лазера	ПК-1	знает	Контрольная работа (ПР-2)	Вопросы 23 - 32 Собеседование (УО-1)
			умеет		
			владеет		

Контрольные задания, методические материалы, определяющие

процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в Приложении 2.

## **V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Основная литература**

*(печатные и электронные издания)*

1. Киселев, Г.Л. Квантовая и оптическая электроника [Электронный ресурс] : . – Электрон. дан. – СПб. : Лань, 2011. – 314 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/91904>.

2. Городецкий, М.Л. Оптические микрорезонаторы с гигантской добротностью. [Электронный ресурс] : монография. – Электрон. дан. – М. : Физматлит, 2011. – 416 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2733>.

3. Шандаров, С. М., Башкирова А. И. Введение в квантовую и оптическую электронику [Электронный ресурс]: учебное пособие / С. М. Шандаров, А. И. Башкирова. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 98 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13922>.

4. Батенин, В.М. Лазеры на самоограниченных переходах атомов металлов – 2. Т.1 [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.М. Батенин, А.М. Бойченко, В.В. Бучанов. – Электрон. дан. – М. : Физматлит, 2009. – 542 с. – Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=2668](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2668).

5. Абрамочкин, Е.Г. Современная оптика гауссовых пучков [Электронный ресурс] : / Е.Г. Абрамочкин, В.Г. Волостников. – Электрон. дан. – М. : Физматлит, 2010. – 182 с. – Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=48281](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=48281).

### **Дополнительная литература**

*(печатные и электронные издания)*

1. Цуканов, В.Н. Волоконно-оптическая техника [Электронный ресурс] / В.Н. Цуканов, М.Я. Яковлев. - М.: Инфра-Инженерия. - 2011. - 640 с. <https://lib.dvfu.ru:8443/lib/item?id=Znanium:Znanium-519912&theme=FEFU>

2. Адаптивные методы обработки спекл-модулированных оптических полей [Электронный ресурс]/ Ю.Н. Кульчин [и др.]. – Электрон. текстовые

данные. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 285 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/17168> – ЭБС «IPRbooks».

3. Климов В.В. Наноплазмоника . – Физматлит, 2009. – 480 с. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/25007>

4. Дубнищев, Ю.Н. Колебания и волны [Электронный ресурс] : учебное пособие. – Электрон. дан. – СПб. : Лань, 2011. – 384 с. – Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?p11\\_id=683](http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_id=683)

5. Ландсберг, Г.С. Оптика [Электронный ресурс] : учебное пособие. – Электрон. дан. – М. : Физматлит, 2010. – 849 с. – Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?p11\\_id=2238](http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_id=2238)

### **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

1. Евтушенко Г.С., Губарев Ф.А. Квантовая и оптическая электроника. Практикум: учебное пособие. - Томск: Изд-во ТПУ, 2010. - 88 с. <http://window.edu.ru/resource/808/73808>.

## **VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Основными видами аудиторной работы студентов по дисциплине «Избранные главы квантовой и оптической электроники» являются лекции (18 час.). В ходе лекций преподаватель излагает и разъясняет основные, наиболее сложные понятия темы, а также связанные с ней теоретические и практические проблемы, дает рекомендации по самостоятельной работе над темой.

Весь курс разбит на пять тем. Формой текущего контроля по первым двум темам является собеседование. Формой текущего контроля по темам 3-5 является контрольная работа.

Самостоятельная работа предполагает изучение теоретической части курса и подготовку реферата с использованием учебной и научной литературы. Самостоятельная работа формируют способность анализировать рассмотренные на лекции проблемы, умение использовать естественнонаучные сведения на практике в различных видах профессиональной деятельности. Учебная деятельность студентов, включая самостоятельную работу с литературой, способствует овладению научным мышлением, способностью в письменной и устной речи логически правильно оформить результаты исследований; готовностью к формированию

системного подхода к анализу научной информации, восприятию инноваций; формируют способность и готовность к самосовершенствованию, самореализации, личностной и предметной рефлексии.

## **VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для проведения занятий по дисциплине доступно лабораторное оборудование и специализированные кабинеты, соответствующие действующим санитарным и противопожарным нормам, а также требованиям техники безопасности при проведении учебных и научно-производственных работ.

<b>Наименование оборудованных помещений и помещений для самостоятельной работы</b>	<b>Перечень основного оборудования</b>
Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа корпус L, ауд L441	Офисная мебель. Количество посадочных рабочих мест для студентов - 12
Читальные залы Научной библиотеки ДВФУ с открытым доступом к фонду (корпус А - уровень 10)	Моноблок HP ProOne 400 All-in-One 19,5 (1600x900), Core i3-4150T, 4GB DDR3-1600 (1x4GB), 1TB HDD 7200 SATA, DVD+/-RW, GigEth, Wi-Fi, BT, usb kbd/mse, Win7Pro (64-bit)+Win8.1Pro(64-bit), 1-1-1 Wty Скорость доступа в Интернет 500 Мбит/сек. Рабочие места для людей с ограниченными возможностями здоровья оснащены дисплеями и принтерами Брайля; оборудованы: портативными устройствами для чтения плоскочечатных текстов, сканирующими и читающими машинами видеоувелечителем с возможностью регуляции цветовых спектров; увеличивающими электронными лупами и ультразвуковыми маркировщиками

Для дополнительного ознакомления студентов с приборами и методами исследований по теме данной дисциплины может быть проведена экскурсия по действующим лабораториям ДВФУ.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДФУ)

---

---

**ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ  
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

**по дисциплине «Избранные главы квантовой электроники»  
Направление подготовки 11.04.04 Электроника и наноэлектроника**

**Форма подготовки очная**

**Владивосток  
2017**

## 1. План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	В течение семестра	Изучение разделов теоретической части курса	54 час.	Собеседование (УО-1) Контрольная работа (ПР-2)
2	В течение семестра	Подготовка реферата	36 час.	Реферат (ПР-4)

## 2. Характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению

Самостоятельная работа студентов включает в себя: изучение разделов теоретической части курса, подготовка реферата.

Изучение разделов теоретической части курса осуществляется студентом в период между посвященной данной теме лекцией и следующей лекцией. Задание и литературу для изучения разделов теоретической части курса преподаватель сообщает в конце лекции.

Тема реферата выдается преподавателем в начале семестра. Готовый реферат сдается преподавателю не позднее, чем за 2 недели до конца семестра.

Самоконтроль и определение степени готовности к промежуточному контролю осуществляется студентом по контрольным вопросам, представленным в приложении 2.

## 3. Темы рефератов

1. Рубиновый лазер.
2. Nd:YAG лазер.
3. Yb:YAG лазер.
4. Мощные лазеры на тонких дисках.

5. Tm:Ho:YAG лазер.
6. Er:YAG и Yb:Er лазеры.
7. Волоконные лазеры высокой мощности.
8. Лазер на титан-сапфире.
9. Cr:LISAF и Cr:LICAF лазеры.
10. Лазеры на красителях: особенности, характеристики, физические свойства активных сред.
11. Полупроводниковые лазеры: принцип действия, основные особенности и характеристики.
12. Полупроводниковый лазер на гомопереходе.
13. Полупроводниковый лазеры на двойном гетеропереходе.
14. Полупроводниковый лазер на квантовых ямах.
15. Квантово-каскадные лазеры.
16. Лазеры поверхностного излучения с вертикальным резонатором.
17. Лазеры с распределенной обратной связью и лазеры с распределенным брэгговским отражением.
18. Гелий-неоновый лазер.
19. Лазеры на парах меди.
20. Аргоновый лазер.
21. CO<sub>2</sub> лазер.
22. Эксимерные лазеры.
23. Химические лазеры.
24. Лазеры на свободных электронах.
25. Рентгеновские лазеры.

#### **4. Методические рекомендации по подготовке реферата**

В учебном процессе реферат является частью самостоятельной, внеаудиторной работы студента по выбранной теме. Цель выполнения реферативной работы - самостоятельное глубокое изучение и анализ конкретных вопросов, получение навыков библиографического поиска,

аналитической работы с литературой, письменного оформления текста. Реферат - это самостоятельное творческое исследование студентом определенной темы, он должен быть целостным и законченным, творческой научной работой. Автор реферата должен показать умение разбираться в проблеме, систематизировать научные знания, применять теоретические знания на практике.

Реферат выполняется самостоятельно, плагиат недопустим. Мысли других авторов, цитаты, изложение учебных и методических материалов должны иметь ссылки на источник.

Реферат выполняется по одной из предложенных тем по выбору студента. Студент может предложить собственную тему исследования, обосновав ее целесообразность. Выполнение студентами одной группы реферативной работы на одну и ту же тему не допускается.

При написании работы необходимо использовать рекомендуемую литературу: учебные и практические пособия, учебники, монографические исследования, статьи в научных журналах.

Реферат - самостоятельное, творческое исследование. Структурно реферативная работа должна выглядеть следующим образом:

- титульный лист;
- план реферативной работы (оглавление);
- текст реферативной работы, состоящий из введения, основной части (главы и параграфы) и заключения;
- список использованной литературы.

Рекомендуемый объем реферата - 15-20 страниц машинописного текста. Название работы, глав и подглав не должны быть громоздкими и не должны совпадать. Работа над рефератом начинается с составления плана. Продуманность плана – основа успешной и творческой работы над проблемой.

Во введении автор обосновывает выбор темы, ее актуальность, место в существующей проблематике, степень ее разработанности и освещенности в литературе, определяют цели и задачи исследования. Желателен сжатый

обзор научной литературы.

В основной части выделяют 2-3 вопроса рассматриваемой проблемы (главы, параграфы), в которых формулируются ключевые положения темы. При необходимости главы, параграфы должны заканчиваться логическими выводами, подводящими итоги соответствующего этапа исследования. Желательно, чтобы главы не отличались сильно по объему. Приступать к написанию реферата лучше после изучения основной литературы, вдумчивого осмысления принципов решения проблемы, противоположных подходов к ее рассмотрению. Основное содержание реферата излагается по вопросам плана последовательно, доказательно, аргументировано, что является основным достоинством самостоятельной работы.

В заключении подводятся итоги исследования, обобщаются полученные результаты, делаются выводы по реферативной работе, рекомендации по применению результатов. В оглавлении введению и заключению не присваивается порядковый номер. Нумеруются лишь главы и параграфы основной части работы.

Реферат завершается списком использованной литературы, который служит показателем изученности темы автором.

## **5. Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы**

Контроль выполнения работы по изучению разделов теоретической части курса осуществляется в форме собеседования и контрольной работы.

По окончании изучения разделов 1-2 проводится текущий контроль работы по изучению разделов теоретической части курса в форме собеседования. На собеседовании оформление ответов на вопросы не требуется.

По окончании изучения разделов 3-5 проводится текущий контроль работы по изучению разделов теоретической части курса в форме контрольной работы по вопросам, представленным в приложении 2.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДВФУ)

---

**ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
по дисциплине «Избранные главы квантовой электроники»  
Направление подготовки 11.04.04 Электроника и наноэлектроника

**Форма подготовки очная**

**Владивосток**  
**2017**

## Паспорт ФОС

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-1 Способность понимать основные проблемы в своей предметной области, выбирать методы и средства их решения	Знает (базовый уровень)	Понятийный аппарат квантовой и оптической электроники, для более полного и точного понимания сути процессов, протекающих в неравновесных квантовых системах и лежащих в основе работы квантовых источников излучения;
	Умеет (продвинутый уровень)	Выявлять ключевые параметры, определяющие режимы работы широкого круга квантовых источников излучения.
	Владеет (высокий уровень)	Навыками анализа принципов функционирования широкого круга квантовых источников излучения;
ПК-1 готовность формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и нанoeлектроники, а также смежных областей науки и техники, способностью обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач	Знает (базовый уровень)	Цели и задачи научных исследований в области квантовой и оптической электроники
	Умеет (продвинутый уровень)	Выбирать методы и средства решения научных задач квантовой и оптической электроники
	Владеет (высокий уровень)	Обоснованно выбирать методы и средства решения научных задач квантовой и оптической электроники

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства		
			текущий контроль	промежуточная аттестация	
1	Базовые концепции квантовой и оптической электроники	ОПК-1	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы 1 - 6 Собеседование (УО-1)
			умеет		
			владеет		
2	Квантовые ансамбли и взаимодействие электромагнитного излучения с веществом	ПК-1	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы 7 - 10 Собеседование (УО-1)
			умеет		
			владеет		

3	Лазерные резонаторы	ОПК-1, ПК-1	знает	Контрольная работа (ПР-2)	Вопросы 11 - 16 Собеседование (УО-1)
			умеет,		
			владеет		
4	Накачка лазеров	ПК-1	знает	Контрольная работа (ПР-2)	Вопросы 17 - 22 Собеседование (УО-1)
			умеет		
			владеет		
5	Стационарный и нестационарные режимы работы лазера	ПК-1	знает	Контрольная работа (ПР-2)	Вопросы 23 - 32 Собеседование (УО-1)
			умеет		
			владеет		

### Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели
ОПК-1 Способность понимать основные проблемы в своей предметной области, выбирать методы и средства их решения	Знает (базовый уровень)	Понятийный аппарат квантовой и оптической электроники, для более полного и точного понимания сути процессов, протекающих в неравновесных квантовых системах и лежащих в основе работы квантовых источников излучения;	воспроизводить и объяснять учебный материал с требуемой степенью научной точности и полноты	способность показать базовые знания и основные умения в области квантовой и оптической электроники
	Умеет (продвинутый уровень)	Выявлять ключевые параметры, определяющие режимы работы широкого круга квантовых источников излучения.	Умение выделить ключевые параметры, определяющие режимы работы широкого круга квантовых источников	способность применить знания и практические умения при выполнении типичных заданий по выделению ключевых параметров, определяющих

			излучения.	режимы работы широкого круга квантовых источников излучения.
	Владеет (высокий уровень)	Навыками анализа принципов функционирования широкого круга квантовых источников излучения;	Самостоятельный анализ принципов функционирования широкого круга квантовых источников излучения;	способность применить фактическое и теоретическое знание, практические умения при анализе принципов функционирования широкого круга квантовых источников излучения;
ПК-1 готовность формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и наноэлектроники, а также смежных областей науки и техники, способностью обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач	Знает (базовый уровень)	Цели и задачи научных исследований в области квантовой и оптической электроники	Воспроизводство и объяснение учебного материала с требуемой степенью научной точности и полноты	Знание тенденций развития квантовой и оптической электроники
	Умеет (продвинутый уровень)	Выбирать методы и средства решения научных задач квантовой и оптической электроники	Выполнение типичных задач на основе воспроизведения стандартных алгоритмов решения	Знание методов и средств решения научных задач квантовой и оптической электроники
	Владеет (высокий уровень)	Обоснованно выбирать методы и средства решения научных задач квантовой и оптической электроники	Решение усложненных задач в нетипичных ситуациях на основе приобретенных знаний, умений и навыков	Способность обоснованно выбирать методы и средства решения научных задач квантовой и оптической электроники

**Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины  
Текущая аттестация студентов.**

Контроль текущей успеваемости студентов реализуется в формах собеседований и контрольных работ, анализа добросовестности и самостоятельности студента при подготовке реферата, посещаемости занятий.

**Оценка ответа на собеседовании осуществляется по следующим критериям:**

**Отлично** - самостоятельность ответов, свободное владение материалом, полные и аргументированные ответы на вопросы, твёрдое знание лекционного материала, обязательной и рекомендованной дополнительной литературы.

**Хорошо** - недостаточно полное раскрытие некоторых вопросов темы, незначительные ошибки в формулировке категорий и понятий, неполное знание дополнительной литературы.

**Удовлетворительно** - ответы отражают в целом понимание темы, знание содержания основных категорий и понятий, знакомство с лекционным материалом и рекомендованной основной литературой.

**Неудовлетворительно** – недостаточное понимание или непонимание темы, незнание содержания основных категорий и понятий, незнание лекционного материала и рекомендованной основной литературы.

**Оценка контрольных работ осуществляется по следующим критериям:**

**Отлично** - полные и правильные ответы на все поставленные теоретические вопросы, успешное решение задач с необходимыми пояснениями, корректная формулировка понятий и категорий.

**Хорошо** - недостаточно полные и правильные ответы на 1-2 вопроса несущественные ошибки в формулировке категорий и понятий, небольшие шероховатости в аргументации.

**Удовлетворительно** - ответы включают материалы, в целом правильно отражающие понимание студентом выносимых на контрольную работу тем курса. Допускаются неточности в раскрытии части категорий, несущественные ошибки математического плана при решении задач, неправильные ответы на 1-2 вопроса.

**Неудовлетворительно** - неправильные ответы на 3 и более вопросов, большое количество существенных ошибок.

### **Промежуточная аттестация студентов**

Промежуточная аттестация производится в форме зачета. Студенты, имеющие итоговую оценку «отлично» по результатам текущей аттестации, автоматически получают оценку «зачтено» по промежуточной аттестации и освобождаются от сдачи зачета.

**Оценочные средства для промежуточной аттестации (Собеседование (УО-1))**

**Вопросы к зачету**

1. Спонтанное и вынужденное излучение.
2. Принцип работы лазера.
3. Инверсия населенностей.
4. Пороговые условия лазерной генерации.
5. Основные свойства лазерных пучков.
6. Типы лазеров.
7. Понятие о ширине линии и времени релаксации.
8. Однородное и неоднородное уширение линии.
9. Насыщение поглощения и усиления: стационарный и нестационарный случаи.
10. Релаксация и безызлучательные переходы.
11. Гауссовы пучки.
12. Устойчивые оптические резонаторы.
13. Понятие о собственных модах и собственных значениях резонатора.
14. Критерий устойчивости резонатора.
15. Неустойчивые резонаторы.
16. Анализ неустойчивых резонаторов с точки зрения геометрической и волновой оптики.
17. Накачка лазеров - общие принципы.
18. Виды накачки лазеров.
19. Эффективность и скорость накачки.
20. Накачка некогерентным оптическим излучением.
21. Накачка лазерным излучением.
22. Электрическая накачка.
23. Непрерывный режим работы лазера.
24. Скоростные уравнения.
25. Пороговые условия и выходная мощность лазера.
26. Оптимальная связь на выходе лазера.
27. Перестройка частоты генерации лазера.
28. Селекция мод.
29. Нестационарные режимы работы лазера.
30. Релаксационные колебания.
31. Модуляция добротности.
32. Синхронизация мод.

**Критерии выставления зачета студенту по дисциплине  
«Избранные главы квантовой электроники»:**

Оценка зачета (стандартная)	Требования к сформированным компетенциям
«зачтено»	Оценка «зачтено» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.
«не зачтено»	Оценка «не зачтено» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы, путается в докладах практических заданий. Как правило, оценка «не зачтено» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

**Оценочные средства для текущей аттестации  
Вопросы для собеседований**

**Вопросы для подготовки к собеседованию по теме №1 «Базовые концепции квантовой и оптической электроники»:**

1. В чем состоит пороговое условие лазерной генерации?
2. В какой из лазерных схем легче создать необходимую для работы лазера инверсию населенностей – в трех- или в четырехуровневой. Почему?
3. Какие из свойств лазерного излучения наиболее важны с практической точки зрения? Почему?

**Вопросы для подготовки к собеседованию по теме №2 «Квантовые ансамбли и взаимодействие электромагнитного излучения с веществом»:**

1. Каковы физические механизмы однородного и неоднородного уширения линии перехода?
2. Каковы причины явлений насыщения поглощения и усиления?
3. Опишите основные свойства и особенности интерферометра Фабри-Перо.

**Вопросы для контрольных работ  
Контрольная работа №1 «Лазерные резонаторы»:**

1. Спонтанное и вынужденное излучение.
2. Принцип работы лазера.
3. Инверсия населенностей.
4. Пороговые условия лазерной генерации.
5. Основные свойства лазерных пучков.
6. Типы лазеров.
7. Понятие о ширине линии и времени релаксации.
8. Однородное и неоднородное уширение линии.
9. Насыщение поглощения и усиления: стационарный и нестационарный случаи.
10. Релаксация и безызлучательные переходы.
11. Гауссовы пучки.
12. Устойчивые оптические резонаторы.
13. Понятие о собственных модах и собственных значениях резонатора.
14. Критерий устойчивости резонатора.
15. Неустойчивые резонаторы.

### **Контрольная работа № 2 «Накачка лазеров»:**

1. Накачка лазеров - общие принципы.
2. Виды накачки лазеров.
3. Эффективность и скорость накачки.
4. Накачка некогерентным оптическим излучением.
5. Накачка лазерным излучением.
6. Электрическая накачка.

### **Контрольная работа № 3 «Стационарный и нестационарные режимы работы лазера»:**

1. Непрерывный режим работы лазера.
2. Скоростные уравнения.
3. Пороговые условия и выходная мощность лазера.
4. Оптимальная связь на выходе лазера.
5. Перестройка частоты генерации лазера.
6. Селекция мод.
7. Нестационарные режимы работы лазера.
8. Релаксационные колебания.
9. Модуляция добротности.
10. Синхронизация мод.

**Вопросы для самопроверки**

## **Тема № 1 «Базовые концепции квантовой и оптической электроники»:**

1. В чем состоит пороговое условие лазерной генерации?
2. В какой из лазерных схем легче создать необходимую для работы лазера инверсию населенностей – в трех- или в четырехуровневой. Почему?
3. Какие из свойств лазерного излучения наиболее важны с практической точки зрения? Почему?

## **Тема № 2 «Квантовые ансамбли и взаимодействие электромагнитного излучения с веществом»:**

1. Каковы физические механизмы однородного и неоднородного уширения линии перехода?
2. Каковы причины явлений насыщения поглощения и усиления?
3. Опишите основные свойства и особенности интерферометра Фабри-Перо.

## **Тема № 3 «Лазерные резонаторы»:**

1. Что представляет собой мода устойчивого резонатора? Каковы ее основные характеристики?
2. Чем отличаются продольные и поперечные моды открытых оптических резонаторов?
3. Каковы отличительные особенности устойчивых и неустойчивых резонаторов? В чем состоят их достоинства и недостатки?

## **Тема № 4 «Накачка лазеров»:**

1. Какие виды накачки лазеров вам известны? Выделите основные достоинства и недостатки различных схем накачки.
2. Каковы основные особенности накачки лазерным излучением?
3. Каковы основные особенности электрической накачки?

## **Тема № 5 «Стационарный и нестационарные режимы работы лазера»:**

1. Какова зависимость мощность выходного излучения лазера от мощности, потребляемой системой накачки? Что определяет дифференциальный КПД лазера?
2. Какие методы модуляции добротности вы знаете?
3. Какие физические механизмы лежат в основе режима синхронизации мод?