

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования "Пермский
государственный национальный исследовательский
университет"**

Кафедра радиоэлектроники и защиты информации

**Авторы-составители: Лунегов Игорь Владимирович
Вольхин Игорь Львович**

Рабочая программа дисциплины
КВАНТОВАЯ И ОПТИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА
Код УМК 95867

Утверждено
Протокол №4
от «24» июня 2021 г.

Пермь, 2021

1. Наименование дисциплины

Квантовая и оптическая электроника

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в вариативную часть Блока « М.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление подготовки: **03.04.03** Радиофизика

направленность Радиоэлектроника, телекоммуникации и интеллектуальные системы

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Квантовая и оптическая электроника** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

03.04.03 Радиофизика (направленность : Радиоэлектроника, телекоммуникации и интеллектуальные системы)

ОПК.1 Способен применять фундаментальные знания в области физики и радиофизики для решения научно-исследовательских задач, в том числе в сфере педагогической деятельности

Индикаторы

ОПК.1.1 Применяет фундаментальные знания физико-математических наук в профессиональной деятельности

ОПК.2 Способен определять сферу внедрения результатов прикладных научных исследований в области своей профессиональной деятельности

Индикаторы

ОПК.2.2 Проводит научные исследования, используя современные методы и оборудование, делает анализ данных и представляет их в виде отчета

ПК.1 Способен использовать в своей научно-исследовательской деятельности знание современных проблем и новейших достижений физики и радиофизики

Индикаторы

ПК.1.3 Использует в ходе экспериментов современные методы радиофизических измерений

ПК.4 Способен к проведению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по тематике организации

Индикаторы

ПК.4.1 Организует сбор и изучение научно-технической информации по теме исследований

4. Объем и содержание дисциплины

Направления подготовки	03.04.03 Радиофизика (направленность: Радиоэлектроника, телекоммуникации и интеллектуальные системы)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	2
Объем дисциплины (з.е.)	5
Объем дисциплины (ак.час.)	180
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	60
Проведение лекционных занятий	24
Проведение лабораторных работ, занятий по иностранному языку	36
Самостоятельная работа (ак.час.)	120
Формы текущего контроля	Входное тестирование (1) Защищаемое контрольное мероприятие (3) Итоговое контрольное мероприятие (1)
Формы промежуточной аттестации	Экзамен (2 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Квантовая и оптическая электроника

В дисциплине “Квантовая и полупроводниковая электроника” представлены разделы:

1. Полупроводниковая квантовая электроника.
2. Волноводная фотоника.
3. Интегральная оптика.

Полупроводниковая квантовая электроника.

В разделе полупроводниковая квантовая электроника представлены темы:

1. Фотоэлектронные приборы.
2. Оптоэлектронные приборы.
3. Оптоэлектронные пары.

Фотоэлектронные квантовые приборы.

В теме "Фотоэлектронные квантовые приборы" представлены:

Лекция "Фотоэлектронные квантовые приборы" в которой подробно рассмотрены вопросы:

1. Единицы измерения световых величин.
2. Фоторезистивный эффект.
 - 2.1. Поглощение света в полупроводниках.
 - 2.2. Фотопроводимость полупроводников.
 - 2.3. Спектральная зависимость фотопроводимости
 - 2.4. Фоторезисторы.
 - 2.5. Основные характеристики и параметры фоторезисторов.
3. Фотоэлектрические свойства p-n-перехода .
 - 3.1. Воздействие света на p–n-переход.
 - 3.2. Фотодиоды.
 - 3.3. Полупроводниковые фотоэлементы
 - 3.4. Биполярный фототранзистор.

Лабораторная работа "Изучение фотоэлектронных приборов" в которой приведены:

1. Методические рекомендации по выполнению лабораторной работы и обработке полученных результатов.
2. Контрольные вопросы.
3. Списки литературы.

Оптоэлектронные квантовые приборы.

В теме "Оптоэлектронные квантовые приборы" представлены:

Лекция "Оптоэлектронные приборы" в которой подробно рассмотрены вопросы:

1. Принцип действия светодиода.
2. Полупроводниковые материалы светоизлучающих диодов.
3. Светодиод на основе гетероперехода .
4. Светодиод на основе многослойных гетероструктур .
5. Внешний квантовый выход и яркость свечения диода.
6. Основные параметры светоизлучающих диодов.
7. Оптопары.
8. Основные параметры оптопар.

Лабораторные работы:

"Исследование оптоэлектронных приборов" в которой приведены:

1. Методические рекомендации по выполнению лабораторной работы и обработке полученных результатов.

2. Контрольные вопросы.
3. Списки литературы.

"Исследование полупроводникового лазера" в которой приведены:

1. Методические рекомендации по выполнению лабораторной работы и обработке полученных результатов.
2. Контрольные вопросы.
3. Списки литературы.

Оптоэлектронные пары.

В теме "Оптоэлектронные пары" представлены:

Лабораторная работа:

"Исследование оптоэлектронных пар" в которой приведены:

1. Методические рекомендации по выполнению лабораторной работы и обработке полученных результатов.
2. Контрольные вопросы.
3. Списки литературы.

Волноводная фотоника.

В разделе волноводная фотоника представлены темы:

1. Оптические волноводы.
2. Брэгговские решетки.
3. Пассивные компоненты волоконно-оптических линий связи.
4. Оптоволоконные лазеры.
5. Оптоволоконные усилители.

Оптические волноводы.

В теме "Оптические волноводы" представлены:

Лекция "Оптические волноводы" в которой подробно рассмотрены вопросы:

1. Распространение света в оптическом волноводе.
2. Классификация оптических волноводов.
3. Оптические стекла.
4. Структура оптоволоконных световодов.
5. Профили показателей преломления оптоволоконных световодов.
6. Моды оптического излучения в оптоволоконных световодах.
7. Потери в оптоволоконных световодах.
8. Спектральная характеристика коэффициента затухания кварцевого одномодового оптического волокна.
9. Дисперсия света в оптоволоконных световодах: модовая, хроматическая и поляризационная.
10. Специальные типы оптоволоконных световодов.

Лабораторная работа "Исследование телекоммуникационных линий связи" в которой приведены:

1. Методические рекомендации по выполнению лабораторной работы и обработке полученных результатов.
2. Контрольные вопросы.
3. Списки литературы.

Брэгговские решетки.

В теме "Оптические волноводы" представлены:

Лекция "Оптические волноводы" в которой подробно рассмотрены вопросы:

1. Распространение света в оптическом волноводе.
2. Классификация оптических волноводов.
3. Оптические стекла.
4. Структура оптоволоконных световодов.
5. Профили показателей преломления оптоволоконных световодов.
6. Моды оптического излучения в оптоволоконных световодах.
7. Потери в оптоволоконных световодах.
8. Спектральная характеристика коэффициента затухания кварцевого одномодового оптического волокна.
9. Дисперсия света в оптоволоконных световодах: модовая, хроматическая и поляризационная.
10. Специальные типы оптоволоконных световодов.

Лабораторная работа "Исследование телекоммуникационных линий связи" в которой приведены:

1. Методические рекомендации по выполнению лабораторной работы и обработке полученных результатов.
2. Контрольные вопросы.
3. Списки литературы.

Пассивные компоненты волоконно-оптических линий связи.

В теме "Пассивные компоненты волоконно-оптических линий связи" представлены:

Лекция "Пассивные компоненты волоконно-оптических линий связи" в которой подробно рассмотрены вопросы:

1. Соединения оптических волокон: разъёмные и неразъёмные.
2. Устройства ввода и вывода оптического излучения в оптическое волокно.
3. Оптические вентили.
4. Оптические циркуляторы.
5. Оптические аттенюаторы.
6. Оптические разветвители.
7. Оптические кросс-коммутаторы.

Оптоволоконные лазеры.

В теме "Оптоволоконные лазеры" представлены:

Лекция "Оптоволоконные лазеры" в которой подробно рассмотрены вопросы:

1. Теоретические основы работы трехуровневого лазера на твердом теле.
2. Состав и строение активных оптических волокон.
3. Полосы усиления ионов редкоземельных элементов и спектр оптических потерь кварцевого волокна.
4. Основные характеристики оптоволоконных оптических лазеров и области их применения

Лабораторная работа:

" Исследование оптоволоконных лазеров" в которой приведены:

1. Методические рекомендации по выполнению лабораторной работы и обработке полученных результатов.
2. Контрольные вопросы.
3. Списки литературы.

Оптоволоконные усилители.

В теме "Оптоволоконные усилители" представлены:

Лекция "Оптоволоконные усилители" в которой подробно рассмотрены вопросы:

1. Теоретические основы работы оптоволоконных усилителей.
2. Конструкция и принцип действия оптоволоконных оптических усилителей.

3. Основные характеристики оптоволоконных оптических усилителей и области их применения.

Лабораторная работа:

"Исследование оптоволоконных усилителей" в которой приведены:

1. Методические рекомендации по выполнению лабораторной работы и обработке полученных результатов.
2. Контрольные вопросы.
3. Списки литературы.

Интегральная оптика.

В разделе интегральная оптика представлены темы:

1. Пассивные элементы интегрально-оптических схем.
2. Активные элементы интегрально-оптических схем.
3. Управление излучением в оптических волноводах.

Пассивные элементы интегрально-оптических схем.

В теме "Пассивные элементы интегрально-оптических схем" представлены:

Лекция "Пассивные элементы интегрально-оптических схем" в которой подробно рассмотрены вопросы:

1. Планарные волноводы
2. Интегрально-оптические элементы связи.
3. Планарные линзы.
4. Планарные призмы.

Активные элементы интегрально-оптических схем.

В теме "Активные элементы интегрально-оптических схем" представлены:

Лекция "Активные элементы интегрально-оптических схем" в которой подробно рассмотрены вопросы:

1. Теоретические основы работы трехуровневого лазера на твердом теле.
2. Состав и строение активных оптических волокон.
3. Полосы усиления ионов редкоземельных элементов и спектр оптических потерь кварцевого волокна.
4. Конструкция и принцип действия оптоволоконных оптических усилителей.
5. Основные характеристики оптоволоконных оптических усилителей и области их применения.
6. Конструкция и принцип действия оптоволоконных оптических лазеров.
7. Основные характеристики оптоволоконных оптических лазеров и области их применения.

Управление излучением в оптических волноводах.

В теме "Управление излучением в оптических волноводах" представлены:

Лекция "Управление излучением в оптических волноводах" в которой подробно рассмотрены вопросы:

1. Интегрально-оптические модуляторы фазы
2. Интегрально-оптические модуляторы амплитуды.
3. Волоконно-оптический гироскоп.

Лабораторные работы:

"Исследование интегрального электрооптического модулятора на основе интерферометра Маха-Цендера" в которой приведены:

1. Методические рекомендации по выполнению лабораторной работы и обработке полученных результатов.
2. Контрольные вопросы.
3. Списки литературы.

"Исследование диэлектрического сенсора напряженности электрического поля СВЧ-диапазона" в

которой приведены:

1. Методические рекомендации по выполнению лабораторной работы и обработке полученных результатов.
2. Контрольные вопросы.
3. Списки литературы.

Итоговое контрольное мероприятие.

В разделе итоговое контрольное мероприятие приведен список экзаменационных вопросов.

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная:

1. Квантовая и полупроводниковая электроника: лабораторный практикум: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлениям подготовки магистров "Нанотехнологии и микросистемная техника"/Министерство образования и науки Российской Федерации, Пермский государственный национальный исследовательский университет.-Пермь:Пермский государственный национальный исследовательский университет,2018, ISBN 978-5-7944-3032-5.-167.-Библиогр. в конце разд.
<https://elis.psu.ru/node/494001>
2. Ажеганов А. С.,Вольхин И. Л.,Шестакова Н. К. Квантовая и полупроводниковая электроника: курс лекций:учебное пособие для студентов, обучающихся по направлениям подготовки магистров "Нанотехнологии и микросистемная техника"/А. С. Ажеганов, И. Л. Вольхин, Н. К. Шестакова.- Пермь:ПГНИУ,2018, ISBN 978-5-7944-3213-8.-159. <https://elis.psu.ru/node/557330>
3. Радиочастотные и оптоволоконные линии связи. Антенны и устройства СВЧ. Лабораторный практикум:учебно-методическое пособие для студентов физического факультета, обучающихся по специальности "Радиофизика и электроника"/М-во образования и науки РФ, Перм. гос. нац. исслед. ун-т.-Пермь,2012, ISBN 978-5-7944-2008-1.-1. <http://www.campus.psu.ru/library/node/18818>

Дополнительная:

1. Ажеганов А. С.,Вольхин И. Л. Полупроводниковая электроника:курс лекций : учебное пособие для студентов, обучающихся по направлениям подготовки бакалавров "Радиофизика", "Нанотехнологии и микросистемная техника" и специальности "Информационная безопасность автоматизированных систем"/А. С. Ажеганов, И. Л. Вольхин.-Пермь,2015.-1. <http://k.psu.ru/library/node/314928>
2. Исследование диэлектрического сенсора напряженности электрического поля СВЧ-диапазона:практикум/М-во образования и науки РФ, Перм. гос. нац. исслед. ун-т.-Пермь,2015.-1. <http://k.psu.ru/library/node/251025>
3. Азанова И. С.,Шевцов Д. И. Физические свойства и структура волоконно-оптических систем:учебно-методическое пособие/И. С. Азанова, Д. И. Шевцов.-Пермь,2012, ISBN 978-5-7944-1918-4.-1. <https://elis.psu.ru/node/13929>
4. Шангина, Л. И. Квантовая и оптическая электроника : учебное пособие / Л. И. Шангина. — Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. — 301 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/13939>

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

WWW.KNIGA.SELUK.RU Электронные приборы СВЧ и квантовые приборы

https://studme.org/270070/tehnika/fizicheskie_osnovy_kvantovoy_elektroniki Физические основы квантовой электроники

<https://dic.academic.ru/> Большая Советская энциклопедия

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Образовательный процесс по дисциплине **Квантовая и оптическая электроника** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем: В учебном процессе для освоения дисциплины могут использоваться различные информационные технологии:

- презентационные материалы (слайды по темам лекционных и практических занятий);
- доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС);
- доступ в электронную информационно-образовательную среду университета;
- интернет-сервисы и электронные ресурсы (поисковые системы, электронная почта, профессиональные тематические чаты и форумы, системы аудио и видео конференций, онлайн энциклопедии и т.д.).
Перечень необходимого лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения:

1. Приложение позволяющее просматривать и воспроизводить медиаконтент PDF-файлов «Adobe Acrobat Reader DC».
2. Программы для демонстрации видео материалов (проигрыватель) «WindowsMediaPlayer».
3. Программа просмотра интернет контента (браузер) «Google Chrome».
4. Офисный пакет приложений «LibreOffice».

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ (**student.psu.ru**).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

- система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).
- система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.
- система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Лекционные занятия, групповые (индивидуальные) консультации, мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации проводятся в аудитории, оснащенной презентационной техникой (проектор, экран для проектора, компьютер/ноутбук), а также меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения лабораторных занятий по дисциплине необходимы три лаборатории

1. Полупроводниковой электроники оснащенная макетами лабораторных работ:
 - 1.1. Изучение фотоэлектронных приборов,
 - 1.2. Изучение оптоэлектронных приборов,
 - 1.3. Изучение статических характеристик терморезисторов.
 - 1.4. Изучение оптоэлектронных пар.

Техническое оснащение лаборатории полупроводниковой электроники представлено в паспорте лаборатории.

2. Лаборатория сверхвысоких частот оснащенная макетами лабораторных работ:

2.1. Лабораторная станция оптоволоконной связи NI ELVIS II,

2.2. Исследование телекоммуникационных линий связи.

Техническое оснащение лаборатории сверхвысоких частот представлено в паспорте лаборатории.

3. Лаборатория квантовой оптической электроники оснащенная макетами лабораторных работ:

3.1. Исследование суперлюминесцентного диода,

3.2. Исследование волоконно-оптического усилителя.

3.3. Исследование интегрального электрооптического модулятора на основе интерферометра Маха-Цендера.

Аудитория для самостоятельной работы:

1) компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет», с доступом в электронную информационно-образовательную среду ПГНИУ;

2) помещения Научной библиотеки ПГНИУ.

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютера с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине
Квантовая и оптическая электроника**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции.
Индикаторы и критерии их оценивания**

ОПК.1

Способен применять фундаментальные знания в области физики и радиофизики для решения научно-исследовательских задач, в том числе в сфере педагогической деятельности

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ОПК.1.1 Применяет фундаментальные знания физико-математических наук в профессиональной деятельности</p>	<p>Знает фундаментальные физические процессы, определяющие принципы работы оптических волноводов, Брэгговских решеток, пассивных и активных компонентов волоконно-оптических линий связи; умеет описать физические процессы, лежащие в основе действия оптических волноводов, Брэгговских решеток, пассивных и активных компонентов волоконно-оптических линий связи; владеет навыками работы с современными радио и оптическими измерительными приборами, методами измерения статических и динамических параметров оптических волноводов, оптоволоконных лазеров и усилителей.</p>	<p align="center">Неудовлетворител</p> <p>Не знает фундаментальные физические процессы, определяющие принципы работы оптических волноводов, Брэгговских решеток, пассивных и активных компонентов волоконно-оптических линий связи; не умеет описать физические процессы, лежащие в основе действия оптических волноводов, Брэгговских решеток, пассивных и активных компонентов волоконно-оптических линий связи; не владеет навыками работы с современными радио и оптическими измерительными приборами, методами измерения статических и динамических параметров оптических волноводов, оптоволоконных лазеров и усилителей.</p> <p align="center">Удовлетворительн</p> <p>Знает неуверенно фундаментальные физические процессы, определяющие принципы работы оптических волноводов, Брэгговских решеток, пассивных и активных компонентов волоконно-оптических линий связи, имеет общие, но не структурированные знания основных параметров и характеристик оптических волноводов, Брэгговских решеток, пассивных и активных компонентов волоконно-оптических линий связи; демонстрирует частично сформированное умение изображать основные характеристики оптических волноводов, Брэгговских решеток, пассивных и активных компонентов волоконно-оптических линий связи: идеальные и реальные, не может</p>

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Удовлетворительн</p> <p>указать масштабы по осям графиков; Владеет неуверенно и фрагментарно методиками экспериментального исследования основных характеристик оптических волноводов, оптоволоконных лазеров и усилителей, может провести измерения в составе малой группы в качестве исполнителя.</p> <p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>Знает уверенно фундаментальные физические процессы, определяющие принципы работы оптических волноводов, Брэгговских решеток, пассивных и активных компонентов волоконно-оптических линий связи, однако имеются отдельные пробелы в области применимости упрощающих предположений; умеет уверенно изображать основные характеристики оптических волноводов, Брэгговских решеток, пассивных и активных компонентов волоконно-оптических линий связи: идеальные и реальные, может указать масштабы по осям графиков, однако затрудняется объяснить в следствие каких причин возникают отличия экспериментальных и реальных характеристик на различных участках характеристик; владеет уверенно методиками экспериментального исследования основных характеристик оптических волноводов, оптоволоконных лазеров и усилителей, может провести измерения в составе малой группы в качестве исполнителя, однако не может правильно определить погрешности проведения измерений.</p> <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Знает уверенно фундаментальные физические процессы, определяющие принципы работы оптических волноводов, Брэгговских решеток, пассивных и активных компонентов волоконно-оптических линий связи, демонстрирует систематические знания основных положений теории и</p>

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>области применимости упрощающих предположений, может ответить на дополнительные вопросы преподавателя; умеет уверенно изображать основные характеристики оптических волноводов, Брэгговских решеток, пассивных и активных компонентов волоконно-оптических линий связи: идеальные и реальные, может указать масштабы по осям графиков, использует дополнительные источники информации при ответе на вопросы, может объяснить в следствие каких причин возникают отличия экспериментальных и реальных характеристик на различных участках характеристик;</p> <p>владеет уверенно методиками экспериментального исследования основных характеристик оптических волноводов, оптоволоконных лазеров и усилителей, может провести измерения самостоятельно или в составе малой группы в качестве руководителя, может аргументированно объяснить полученные результаты и указать погрешности измерений.</p>

ОПК.2

Способен определять сферу внедрения результатов прикладных научных исследований в области своей профессиональной деятельности

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ОПК.2.2 Проводит научные исследования, используя современные методы и оборудование, делает анализ данных и представляет их в виде отчета</p>	<p>Знает основные методики проведения исследований по квантовой и оптической электронике; умеет использовать современное оборудование квантовой и оптической электроники; владеет навыками анализа данных квантовой и оптической электроники и умеет представлять их в виде отчета.</p>	<p style="text-align: center;">Неудовлетворител</p> <p>Не знает методики проведения исследований по квантовой и оптической электронике; не умеет использовать современное оборудование квантовой и оптической электроники; не владеет навыками анализа данных квантовой и оптической электроники и не умеет представлять их в виде отчета.</p> <p style="text-align: center;">Удовлетворительн</p> <p>Знает неуверенно методики проведения исследований по квантовой и оптической электронике; демонстрирует частично сформированное умение использовать современное оборудование квантовой и</p>

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Удовлетворительн</p> <p>оптической электроники; демонстрирует частично сформированное умение анализа данных квантовой и оптической электроники и с ошибками представляет их в виде отчета.</p> <p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>Знает уверенно методики проведения исследований по квантовой и оптической электронике; умеет использовать современное оборудование квантовой и оптической электроники под руководством опытного инженера; владеет навыками анализа данных квантовой и оптической электроники и умеет представлять их в виде отчета в составе малой группы в качестве исполнителя.</p> <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Знает уверенно методики проведения исследований по квантовой и оптической электронике; умеет самостоятельно использовать современное оборудование квантовой и оптической электроники; владеет навыками анализа данных квантовой и оптической электроники и умеет представлять их в виде отчета самостоятельно или в составе малой группы в качестве руководителя.</p>

ПК.1

Способен использовать в своей научно-исследовательской деятельности знание современных проблем и новейших достижений физики и радиофизики

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ПК.1.3 Использует в ходе экспериментов современные методы радиофизических измерений</p>	<p>Знает фундаментальные физические процессы, определяющие принципы работы полупроводниковых опто и фотоэлектронных приборов; основные параметры и характеристики полупроводниковых оптоэлектронных, фотоэлектронных приборов и терморезисторов; умеет описать физические процессы, лежащие</p>	<p style="text-align: center;">Неудовлетворител</p> <p>Не знает фундаментальные физические процессы, определяющие принципы работы полупроводниковых опто и фотоэлектронных приборов; основные параметры и характеристики полупроводниковых оптоэлектронных, фотоэлектронных приборов и терморезисторов; не умеет описать физические процессы, лежащие в основе действия полупроводниковых опто и фотоэлектронных приборов; не владеет</p>

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
	<p>в основе действия полупроводниковых опто и фотоэлектронных приборов; владеет навыками работы с современными радиоизмерительными приборами, методами измерения статических и динамических параметров полупроводниковых фото и оптоэлектронных приборов.</p>	<p>Неудовлетворител навыками работы с современными радиоизмерительными приборами, методами измерения статических и динамических параметров полупроводниковых фото и оптоэлектронных приборов.</p> <p>Удовлетворительн Знает неуверенно фундаментальные физические процессы, определяющие принципы работы полупроводниковых опто и фотоэлектронных приборов, имеет общие, но не структурированные знания основных параметров и характеристик полупроводниковых оптоэлектронных, фотоэлектронных приборов и терморезисторов; демонстрирует частично сформированное умение изображать характеристики различных типов оптоэлектронных, фотоэлектронных приборов и терморезисторов: идеальные и реальные, не может указать масштабы по осям графиков; Владеет неуверенно и фрагментарно методиками экспериментального исследования основных характеристик различных типов полупроводниковых оптоэлектронных, фотоэлектронных приборов и терморезисторов, может провести измерения в составе малой группы в качестве исполнителя.</p> <p>Хорошо Знает уверенно фундаментальные физические процессы, определяющие принципы работы полупроводниковых опто и фотоэлектронных приборов, однако имеются отдельные пробелы в области применимости упрощающих предположений; умеет уверенно изображать вольт-амперные характеристики различных типов полупроводниковых оптоэлектронных, фотоэлектронных приборов и терморезисторов: однако затрудняется объяснить в следствие каких причин возникают отличия экспериментальных и</p>

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>реальных характеристик на различных участках характеристик; владеет уверенно методиками экспериментального исследования основных характеристик различных типов полупроводниковых оптоэлектронных, фотоэлектронных приборов и идеальные и реальные, может указать масштабы по осям графиков, терморезисторов, может провести измерения в составе малой группы в качестве исполнителя, однако не может правильно определить погрешности проведения измерений.</p> <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Знает уверенно фундаментальные физические процессы, определяющие принципы работы полупроводниковых опто и фотоэлектронных приборов, демонстрирует систематические знания основных положений теории и области применимости упрощающих предположений, может ответить на дополнительные вопросы преподавателя; умеет уверенно изображать основные характеристики различных типов полупроводниковых оптоэлектронных, фотоэлектронных приборов и терморезисторов: идеальные и реальные, может указать масштабы по осям графиков, использует дополнительные источники информации при ответе на вопросы, может объяснить в следствие каких причин возникают отличия экспериментальных и идеальных характеристик на различных участках характеристик; владеет уверенно методиками экспериментального исследования основных характеристик различных типов полупроводниковых оптоэлектронных, фотоэлектронных приборов и терморезисторов, может провести измерения самостоятельно или в составе малой группы в качестве руководителя, может аргументированно объяснить полученные</p>

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p align="center">Отлично</p> <p>результаты и указать погрешности измерений.</p>

ПК.4

Способен к проведению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по тематике организации

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ПК.4.1 Организует сбор и изучение научно-технической информации по теме исследований</p>	<p>Знает методики изучения научно-технической информации по квантовой и оптической электронике; умеет собирать информацию по тематике квантовой и оптической электронике; владеет навыками сбора информации по квантовой и оптической электронике</p>	<p align="center">Неудовлетворител</p> <p>Не знает методики изучения научно-технической информации по квантовой и оптической электронике; не умеет собирать информацию по тематике квантовой и оптической электронике; не владеет навыками сбора информации по квантовой и оптической электронике.</p> <p align="center">Удовлетворительн</p> <p>Знает неуверенно методики изучения научно-технической информации по квантовой и оптической электронике; демонстрирует частично сформированное умение собирать информацию по тематике квантовой и оптической электронике; владеет неуверенно и фрагментарно навыками сбора информации по квантовой и оптической электронике.</p> <p align="center">Хорошо</p> <p>Знает уверенно методики изучения научно-технической информации по квантовой и оптической электронике; умеет уверенно собирать информацию по тематике квантовой и оптической электронике по заданию преподавателя, однако затрудняется самостоятельно проводить поиск; владеет навыками сбора информации по квантовой и оптической электронике в составе малой группы в качестве исполнителя.</p> <p align="center">Отлично</p> <p>Знает уверенно методики изучения научно-технической информации по квантовой и оптической электронике демонстрирует систематические знания в области</p>

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>использования различных источников информации: учебной и научно-технической литературы, паспортов приборов и интернет источников информации; владеет уверенно навыками сбора информации по тематике квантовой и оптической электронике самостоятельно или в составе малой группы в качестве руководителя.</p>

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : Базовая

Вид мероприятия промежуточной аттестации : Экзамен

Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации : Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

Максимальное количество баллов : 100

Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 50 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 50 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
Входной контроль	Фотоэлектронные квантовые приборы. Входное тестирование	знание основных единиц измерения в системе СИ, основ высшей математики, основные элементарные частицы, основы зонной теории твердых тел; умение написать уравнение движения заряженной частицы в электрическом и магнитном полях с использованием стандартных символов; навык графического изображения основных элементов радиотехнических схем.
ПК.4.1 Организует сбор и изучение научно-технической информации по теме исследований	Оптоэлектронные квантовые приборы. Защищаемое контрольное мероприятие	знание фундаментальных физических процессов, определяющих принципы работы полупроводниковых опто и фотоэлектронных приборов; основных параметров и характеристик полупроводниковых оптоэлектронных, фотоэлектронных приборов и терморезисторов; умение описать физические процессы, лежащие в основе действия полупроводниковых опто и фотоэлектронных приборов; владение навыками работы с современными радиоизмерительными приборами, методами измерения статических и динамических параметров полупроводниковых фото и оптоэлектронных приборов.

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p>ОПК.1.1 Применяет фундаментальные знания физико-математических наук в профессиональной деятельности</p>	<p>Оптические волноводы. Защищаемое контрольное мероприятие</p>	<p>знание фундаментальных физических процессов, определяющих принципы работы оптических волноводов, Брэгговских решеток, пассивных и активных компонентов волоконно-оптических линий связи; умение описать физические процессы, лежащие в основе действия оптических волноводов, Брэгговских решеток, пассивных и активных компонентов волоконно-оптических линий связи; владение навыками работы с современными радио и оптическими измерительными приборами, методами измерения статических и динамических параметров оптических волноводов, оптоволоконных лазеров и усилителей.</p>
<p>ПК.1.3 Использует в ходе экспериментов современные методы радиофизических измерений</p>	<p>Управление излучением в оптических волноводах. Защищаемое контрольное мероприятие</p>	<p>знание фундаментальных физических процессов, определяющие принципы работы пассивных и активных компонентов интегральной оптики; умение описать физические процессы, лежащие в основе действия пассивных и активных компонентов интегральной оптики; владение навыками работы с современными радио и оптическими измерительными приборами, методами измерения статических и динамических параметров оптических пассивных и активных компонентов интегральной оптики.</p>

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p>ОПК.1.1 Применяет фундаментальные знания физико-математических наук в профессиональной деятельности</p> <p>ПК.1.3 Использует в ходе экспериментов современные методы радиофизических измерений</p> <p>ОПК.2.2 Проводит научные исследования, используя современные методы и оборудование, делает анализ данных и представляет их в виде отчета</p> <p>ПК.4.1 Организует сбор и изучение научно-технической информации по теме исследований</p>	<p>Итоговое контрольное мероприятие.</p> <p>Итоговое контрольное мероприятие</p>	<p>знание фундаментальных физических процессов, определяющих принципы работы полупроводниковых опто и фотоэлектронных приборов, оптических волноводов, Брэгговских решеток, пассивных и активных компонентов волоконно-оптических линий связи, пассивных и активных компонентов интегральной оптики; основных параметров и характеристик полупроводниковых оптоэлектронных, фотоэлектронных приборов и терморезисторов оптических волноводов, Брэгговских решеток, пассивных и активных компонентов волоконно-оптических линий связи, пассивных и активных компонентов интегральной оптики; умение описать физические процессы, лежащие в основе действия полупроводниковых опто и фотоэлектронных приборов, оптических волноводов, Брэгговских решеток, пассивных и активных компонентов волоконно-оптических линий связи, пассивных и активных компонентов интегральной оптики; владение навыками работы с современными радио и оптическими измерительными приборами, методами измерения статических и динамических параметров полупроводниковых фото и оптоэлектронных приборов, оптических волноводов, пассивных и активных компонентов волоконно-оптических линий связи, пассивных и активных компонентов интегральной оптики.</p>

Спецификация мероприятий текущего контроля

Фотоэлектронные квантовые приборы.

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **0**

Проходной балл: **0**

Показатели оценивания	Баллы
------------------------------	--------------

Оптоэлектронные квантовые приборы.

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **20**

Проходной балл: **10**

Показатели оценивания	Баллы
Ответы на вопросы преподавателя один балл за один правильный ответ.	10
Показатель Балл 10 Ответы на вопросы преподавателя один балл за один правильный ответ. Оформленный отчет по лабораторной работе "Изучение работы генератора на отражательном клистроне" 100% заданий - 4 балла. Оформленный отчет по лабораторной работе "Изучение работы генератора на отражательном клистроне" 75-99% заданий - 3 балла. Оформленный отчет по лабораторной работе "Изучение работы генератора на отражательном клистроне" 50-75% заданий - 1	4
Выполнение заданий лабораторной работы "Исследование оптоэлектронных приборов". 100% заданий - 3 балла. Выполнение заданий лабораторной работы "Исследование оптоэлектронных приборов". 75-99% заданий - 2 балла. Выполнение заданий лабораторной работы "Исследование оптоэлектронных приборов". 50-75% заданий - 1 балл.	3
Обработка результатов измерений лабораторной работы "Исследование оптоэлектронных приборов" 100% заданий - 3 балла. Обработка результатов измерений лабораторной работы "Исследование оптоэлектронных приборов" 75-99% заданий - 2 балла. Обработка результатов измерений лабораторной работы "Исследование оптоэлектронных приборов" 50-75% заданий - 1 балл.	3

Оптические волноводы.

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **20**

Проходной балл: **10**

Показатели оценивания	Баллы
Ответы на вопросы преподавателя один балл за один правильный ответ.	10
Оформленный отчет по лабораторной работе "Исследование телекоммуникационных линий связи" 100% заданий - 4 балла. Оформленный отчет по лабораторной работе "Исследование телекоммуникационных линий связи" 75-99% заданий - 3 балла. Оформленный отчет по лабораторной работе "Исследование телекоммуникационных линий связи" 50-75% заданий - 1 балл.	4
Выполнение заданий лабораторной работы "Исследование телекоммуникационных линий связи". 100% заданий - 3 балла. Выполнение заданий лабораторной работы "Исследование телекоммуникационных линий связи". 75-99% заданий - 2 балла. Выполнение заданий	3

лабораторной работы "Исследование телекоммуникационных линий связи". 50-75% заданий - 1 балл.	
Обработка результатов измерений лабораторной работы "Исследование телекоммуникационных линий связи" 100% заданий - 3 балла. Обработка результатов измерений лабораторной работы "Исследование телекоммуникационных линий связи" 75-99% заданий - 2 балла. Обработка результатов измерений лабораторной работы "Исследование телекоммуникационных линий связи" 50-75% заданий - 1 балл.	3

Управление излучением в оптических волноводах.

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **20**

Проходной балл: **10**

Показатели оценивания	Баллы
Ответы на вопросы преподавателя один балл за один правильный ответ.	10
Оформленный отчет по лабораторной работе "Исследование интерферометра Маха-Цендера" 100% заданий - 4 балла. Оформленный отчет по лабораторной работе "Исследование интерферометра Маха-Цендера" 75-99% заданий - 3 балла. Оформленный отчет по лабораторной работе "Исследование интерферометра Маха-Цендера" 50-75% заданий - 1 балл.	4
Выполнение заданий лабораторной работы "Исследование интерферометра Маха-Цендера". 100% заданий - 3 балла. Выполнение заданий лабораторной работы "Исследование интерферометра Маха-Цендера". 75-99% заданий - 2 балла. Выполнение заданий лабораторной работы "Исследование интерферометра Маха-Цендера". 50-75% заданий - 1 балл.	3
Обработка результатов измерений лабораторной работы "Исследование интерферометра Маха-Цендера" 100% заданий - 3 балла. Обработка результатов измерений лабораторной работы "Исследование интерферометра Маха-Цендера" 75-99% заданий - 2 балла. Обработка результатов измерений лабораторной работы "Исследование интерферометра Маха-Цендера" 50-75% заданий - 1 балл.	3

Итоговое контрольное мероприятие.

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **4 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **20**

Показатели оценивания	Баллы
Контроль конспекта лекций студента от 0 до 10.	10
Ответ на первый вопрос билета от 0 до 10 баллов. Оценивает преподаватель с учетом ответов на уточняющие вопросы, если таковые потребуются.	10
Ответ на второй вопрос билета от 0 до 10 баллов. Оценивает преподаватель с учетом	

ответов на уточняющие вопросы, если таковые потребуются.	10
Контроль лабораторного журнала и самостоятельной работы студента от 0 до 10.	10