

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**
Институт физики

УТВЕРЖДАЮ

Директор Института физики,
д.ф.м.н., профессор

С.Б. Вениг

" 2 "

2021 г.

Рабочая программа дисциплины
Квантовая и оптическая электроника




Направление подготовки бакалавриата
11.03.04 «Электроника и наноэлектроника»

Профиль подготовки бакалавриата
«Микро- и наноэлектроника, диагностика нано- и биомедицинских систем»

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр

Форма обучения
очная

Саратов,
2021 г.

Статус	ФИО	Подпись	Дата
Преподаватель-разработчик	Названов В.Ф.		05.10.21
Председатель НМК	Скрипаль Ан.В.		05.10.21
Заведующий кафедрой	Скрипаль Ал.В.		05.10.21
Специалист Учебного управления			

1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Квантовая и оптическая электроника» является формирование у студентов комплекса профессиональных знаний и умений (владений) и усвоение фундаментальных физических процессов, лежащих в основе квантовой и оптической электроники, принципов действия и возможностей практического использования приборов и устройств квантовой и оптической электроники.

Задачами освоения дисциплины являются:

- формирование и углубление знаний об основных направлениях развития современной квантовой и оптической электроники;
- формирование и углубление знаний о физических процессах и явлениях, определяющих функционирование различных приборов и устройств квантовой и оптической электроники;
- формирование умений и владений экспериментальными и компьютерными методами исследования в этой области;
- формирование навыков практического использования приборов и устройств квантовой и оптической электроники различного назначения.

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата.

Дисциплина «Квантовая и оптическая электроника» относится к обязательной части блока 1 «Дисциплины (модули)» основной образовательной программы и изучается студентами очной формы обучения Института физики СГУ, проходящими подготовку по направлению 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника», в течение 8 учебного семестра. Материал дисциплины опирается на ранее приобретенные студентами знания по физике, математике, химии, термодинамике и статистической физике, электродинамике сплошных сред, теоретическим основам радиоэлектроники, физике полупроводников, физическим основам твердотельной электроники и подготавливает студентов к изучению в том же семестре таких дисциплин, как «Микроэлектроника и нанoeлектроника», а также ряда дисциплин при продолжении обучения в магистратуре.

3. Результаты обучения по дисциплине

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции	Результаты обучения
ОПК-1. Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности	1.1_Б.ОПК-1. Понимает важность применения фундаментальных законов природы и основных физических и математических законов. 2.1_Б.ОПК-1.	<u>Знать</u> основные положения, законы и методы естественных наук и математики, используемые в области квантовой и оптической электроники; современное состояние и перспективы развития квантовой и оптической электроники, ее

	<p>Аргументированно применяет физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера.</p> <p>3.1_Б.ОПК-1. Использует знания физики и математики при решении конкретных задач инженерной деятельности.</p>	<p>связь со смежными областями науки и техники; физические модели процессов и явлений, лежащих в основе принципа действия приборов и устройств квантовой и оптической электроники.</p> <p><u>Уметь</u> аргументированно применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера в области квантовой и оптической электроники;</p>
<p>ОПК-2. Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных</p>	<p>1.1_Б.ОПК-2. Находит и критически анализирует информацию, необходимую для решения поставленной задачи.</p> <p>2.1_Б.ОПК-2. Рассматривает возможные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки.</p> <p>4.1_Б.ОПК-2. Аргументированно выбирает способы и средства измерений и проведения экспериментальных исследований.</p> <p>5.1_Б.ОПК-2. Способен применять методы обработки и представления полученных данных и оценки погрешности результатов измерений.</p>	<p>находить и критически анализировать информацию, необходимую для решения поставленной задачи; рассматривать возможные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки; решать конкретные задачи по проведению исследований характеристик приборов квантовой и оптической электроники.</p> <p><u>Владеть</u> знаниями физики и математики, необходимыми при решении конкретных задач инженерной деятельности в области квантовой и оптической электроники; методами организации и проведения измерений и исследований приборов и устройств квантовой и оптической электроники; методами обработки, анализа и представления результатов теоретических и экспериментальных исследований, оценки погрешности результатов измерений.</p>
<p>ПК-3 Способен проводить работы по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований в области электроники и наноэлектроники</p>	<p>1.1_Б. ПК-3. Проводит критический анализ современной научно-технической литературы и информационных ресурсов.</p> <p>2.1_Б. ПК-3. Проводит теоретические и экспериментальные исследования в области электроники и наноэлектроники.</p> <p>3.1_Б. ПК-3. Обрабатывает и</p>	<p>исследований приборов и устройств квантовой и оптической электроники; методами обработки, анализа и представления результатов теоретических и экспериментальных исследований, оценки погрешности результатов измерений.</p>

	анализирует результаты теоретических и экспериментальных исследований в области электроники и нанoeлектроники.	
--	--	--

4. Структура и содержание дисциплины.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)					Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Формы промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лек	Лабораторные		Пр	С	
					Общая трудоемкость	Из них – практическая подготовка			
1.	Введение	8	1	1					
2.	Взаимодействие света с твердым телом	8	1-2	3				6	Проверка выполнения заданий самостоятельной работы
3.	Генерация оптического излучения	8	3-4	4				10	Проверка выполнения заданий самостоятельной работы
4.	Условия инверсной населенности в полупроводниках	8	5-6	4				10	Проверка выполнения заданий самостоятельной работы
5.	Методы создания инверсной населенности в полупроводниках	8	7-8	4				10	Проверка выполнения заданий самостоятельной работы
6.	Физические принципы и основные элементы для модуляции и отклонения излучения	8	9-10	4				10	Проверка выполнения заданий самостоятельной работы

									работы
7.	Физические принципы и основные элементы для регистрации излучения. Приемники оптического излучения	8	11-12	4				10	Отчет по выполненным лабораторным работам
			7-8		10				
8.	Физические принципы и основные элементы для трансформации излучения, передачи и обработки информации	8	13	2				14	Отчет по выполненным лабораторным работам
			9-11		10				
9.	Основные тенденции и перспективы развития квантовой и оптической электроники	8	14	4				14	Отчет по выполненным лабораторным работам. Контрольная работа. Реферат
			12-14			10			
	Итого:	8		30	30	0		84	
	Контроль	8		36					
	Промежуточная аттестация	8							Экзамен
	Общая трудоемкость дисциплины			180					

Содержание учебной дисциплины

1. Введение.

Предмет квантовой и оптической электроники, история становления, связи с другими областями знаний.

Характерные свойства оптоэлектронных систем. Преимущества фотонной связи. Способы описания и характеристики электромагнитного излучения оптического диапазона.

2. Взаимодействие света с твердым телом.

Физические основы взаимодействия оптического излучения с квантовыми системами. Энергетические состояния квантовых систем, оптические переходы, структура спектров; ширина, форма и уширение спектральных линий.

Оптические явления в средах с различными агрегатными состояниями. Поглощение света в полупроводниках, основные механизмы поглощения.

Собственное поглощение. Влияние внешних воздействий (давление, температура, электрическое и магнитное поля, примеси) на собственное поглощение света в полупроводниках.

Экситонное поглощение. Внутрizonное (неселективное и селективное) поглощение. Примесное поглощение.

3. Генерация оптического излучения.

Генерация света в твердых телах. Спонтанное излучение. Фото-, катодо- и электролюминесценция. Стимулированное излучение. Системы с инверсной населенностью. Усиление оптического излучения. Активные среды и методы создания инверсной населенности. Насыщение усиления в активных средах. Нелинейно-оптические эффекты. Основные типы некогерентных и когерентных источников излучения. Полупроводниковые и органические светодиоды. Газовые, твердотельные и полупроводниковые лазеры.

4. Условия инверсной населенности в полупроводниках.

Условия инверсной населенности при прямых и непрямых переходах “зона-зона” в полупроводниках. Условия инверсной населенности с участием экситонных и примесных состояний.

О возможности получения лазерного излучения в полупроводниках при непрямых переходах с участием свободных носителей заряда.

5. Методы создания инверсной населенности в полупроводниках.

Метод возбуждения полупроводников импульсами электрического поля. Стримерные лазеры. Метод оптического возбуждения. Метод накачки электронным пучком. Квантоскопы. Метод инъекции через р-п- переход вырожденных полупроводников. Пороговые напряжение и ток, соответствующие началу генерации. Р-п-лазеры. Метод инъекции с помощью гетеропереходов. Гетеролазеры, типы.

Проблемы уменьшения порогового тока. Микрорезонаторные лазеры. Полупроводниковые лазеры на квантовых ямах и точках. Поверхностно-излучающие лазеры. Квантово-каскадные лазеры. Основные области применения полупроводниковых лазеров.

6. Физические принципы и основные элементы для модуляции и отклонения оптического излучения.

Модуляторы и дефлекторы оптического излучения. Модуляция амплитуды, фазы, частоты или поляризации светового луча. Управление направлением излучения или положением светового луча в пространстве. Использование электро-, акусто- и магнитооптических эффектов в полупроводниках для модуляции и отклонения оптического излучения. Управление светом с помощью света. Полупроводниковые модуляторы и дефлекторы света.

7. Физические принципы и основные элементы для регистрации оптического излучения. Приемники оптического излучения.

Основные физические эффекты, используемые в фотоприемниках. Полупроводниковые фотоприемники.

Фотоприемники для оптоволокна и волоконно-оптических линий связи.

8. Физические принципы и основные элементы для трансформации излучения, передачи и обработки информации.

- 8.1. Оптроника. Элементная база, типы и устройство оптронов. Оптроны (оптопары) и оптронные интегральные схемы. Проблемы и перспективы. Волоконно-оптические линии связи.
- 8.2. Оптоэлектронные устройства отображения информации и преобразования изображений. Электро- и катодолюминесцентные, светодиодные, жидкокристаллические индикаторы и дисплеи. Органические индикаторы и дисплеи. Усилители света и преобразователи изображения. Твердотельные аналоги видеоконв. Формирователи изображений на основе приборов с зарядовой связью.
- 8.3. Среды для оптической записи информации. Физические принципы оптической записи информации и материалы (среды). Оптические ЗУ. Голографический метод записи и считывания информации. Голографические ЗУ. Управляемые (реверсивные) оптические среды. Основные проблемы и тенденции развития.
- 8.4. Интегральная оптика. Элементы и устройства интегральной оптики (волноводной оптоэлектроники). Пассивные интегрально-оптические устройства ввода-вывода излучения. Активные интегрально-оптические элементы и устройства. Микро-опто-электромеханические системы (МОЭМС) в интегральной оптике и их применение для целей связи и сенсорики.
- 9. Основные тенденции и перспективы развития квантовой и оптической электроники.** Проблемы создания оптических компьютеров. Элементная база, материалы. Эффект оптической бистабильности в полупроводниках. Фотонные кристаллы, перспективы их использования в квантовой и оптической оптоэлектронике. Оптико-микроволновая электроника и другие направления. Нанопотоника.

Перечень лабораторных работ

1. Исследование характеристик фотоэлемента с продольным фотоэффектом.
2. Исследование работы фоторезистора при СВЧ смещении.
3. Исследование спектральных характеристик фотоответа фотодиодов на основе p-n-перехода и барьера Шоттки.
4. Исследование работы оптронов.
5. Исследование электрооптических эффектов в жидких кристаллах.
6. Исследование работы фотоприемника на основе фотоэлектромагнитного эффекта.

Описания перечисленных лабораторных работ имеются на кафедре физики твердого тела, а также содержатся в электронном пособии:

Названов В.Ф. Лабораторные работы по квантовой и оптической электронике (учебное пособие для студентов) [Электронный ресурс]: 2007.// <http://solid.sgu.ru/Education/Optoelectronics-lab.pdf>

5. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины

В преподавании дисциплины «Квантовая и оптическая электроника» используются следующие образовательные технологии:

- Исследовательские методы в обучении
- Проблемное обучение

В процессе обучения предусматривается широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий: адресация аудитории вопросов и коллективный поиск ответов на них в форме дискуссий, встречи с известными специалистами и экспертами.

При проведении лабораторных занятий выполняются натурные эксперименты в лабораторном практикуме.

Практическая подготовка при реализации данной дисциплины направлена на формирование и закрепление практических навыков и компетенций по профилю образовательной программы в процессе выполнения лабораторных работ, в ходе которых студенты осваивают специфику и овладевают навыками проведения измерений характеристик оптоэлектронных приборов с использованием оборудования, аналогичного применяемому для этих целей на предприятиях электронной промышленности.

Условия обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья:

- предоставление инвалидам по зрению или слабовидящим возможностей использовать крупноформатные наглядные материалы;
- организация коллективных занятий в студенческих группах с целью оказания помощи в получении информации инвалидам и лицам с ограниченными возможностями по здоровью;
- проведение индивидуальных коррекционных консультаций для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья.
- использование индивидуальных графиков обучения
- использование дистанционных образовательных технологий

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Самостоятельная работа студентов по дисциплине проводится в течение всего периода освоения и заключается в чтении и изучении литературы, подготовке к лекциям, лабораторным работам, выполнении заданий лектора, написании реферата. Рекомендуется:

- для качественного усвоения материала лекций разбирать вопросы, излагаемые в каждой очередной лекции, по трудным (непонятным) деталям консультироваться у лектора, читать соответствующую литературу;
- при подготовке к выполнению лабораторных работ и отчетов по ним тщательно изучать описание работы, задавать уточняющие вопросы преподавателю и дежурному инженеру, иметь дежурную тетрадь по лабораторному практикуму, для выполнения заданий и оформления отчетов;
- задания, которые даются лектором во время лекции по отдельным вопросам, должны выполняться в обязательном порядке, а качество их выполнения проверяться во время экзамена.

Перечень заданий (тем) самостоятельной работы, предлагаемых студентам в ходе чтения лекций:

1. Влияние внешних воздействий (давление, температура, примеси, электрическое и магнитное поля) на собственное поглощение света.
 2. Системы с инверсной населенностью. Газовые, твердотельные и полупроводниковые лазеры.
 3. Условия инверсной населенности в полупроводниках. Случай с участием экситонных и примесных состояний.
 4. Полупроводниковые лазеры на квантово-размерных структурах.
 5. Управление направлением излучения или положением светового луча в пространстве. Полупроводниковые модуляторы и дефлекторы излучения.
 6. Полупроводниковые фотоприемники. Фотоприемники для ВОЛС.
 7. Интегральная оптика. Элементы и устройства волноводной оптоэлектроники. Пассивные и активные интегрально-оптические элементы и устройства. Микро-опто-электро-механические системы (МОЭМС) в интегральной оптике.
 8. Фотонные кристаллы, перспективы их использования в квантовой и оптической электронике.
- Оптико-микроволновая электроника и другие направления.

При реализации программы дисциплины «Квантовая и оптическая электроника» студентам предлагается ряд тем для написания рефератов, соответствующих содержанию курса.

Примерный перечень предлагаемых тем рефератов:

1. Полупроводниковые лазеры на квантово-размерных структурах.
2. Экситоны в квантово-размерных структурах.

3. Фотодетекторы на квантово-размерных структурах.
4. Униполярные квантово-каскадные полупроводниковые лазеры.
5. Фотонные кристаллы.

Рефераты выполняются под руководством преподавателя и должны содержать элементы литературного обзора по теме, анализа в соответствии с конкретной спецификой выбранной темы. Рефераты следует выполнять в течение всего семестра с периодическим обсуждением результатов с преподавателем.

В ходе освоения дисциплины в часы лекционных занятий студенты выполняют контрольную работу.

При подготовке к контрольной работе необходимо использовать пройденный материал и соответствующую учебно-методическую литературу.

Контрольная работа.

Вариант А.

1. Эффект Келдыша - Франца в полупроводниках и его применение.
2. Спонтанное излучение в полупроводниках. Полупроводниковые светодиоды.

Вариант Б.

1. Эффект Бурштейна - Мосса в сильнолегированных полупроводниках.
2. Вынужденное излучение в полупроводниках. Лазеры.

При выполнении контрольной работы студент должен продемонстрировать знания по основным положениям пройденных тем.

Результаты выполнения контрольной работы учитываются при проведении промежуточной аттестации студентов.

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена (8-й семестр).

Контрольные вопросы для проведения промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

1. Поглощение света в полупроводниках, основные механизмы поглощения. Коэффициент поглощения света.
2. Фундаментальное поглощение света в полупроводниках. Прямые и не прямые переходы. Зависимость коэффициента поглощения от энергии фотона.
3. Влияние температуры на фундаментальное поглощение света в полупроводниках. Применение эффекта.
4. Влияние электрического поля на край фундаментального поглощения света в полупроводниках. Эффект Келдыша-Франца, применение.
5. Фундаментальное поглощение света в сильно легированных полупроводниках. Эффект Бурштейна-Мосса, применение.

6. Фундаментальное поглощение света в полупроводниках в магнитном поле. Эффект магнитоосцилляционного поглощения, использование.
7. Экситонное поглощение света в полупроводниках.
8. Внутризонное поглощение света в полупроводниках. Неселективное и селективное поглощение, применение.
9. Основные виды генерации света в полупроводниках.
10. Рекомбинационное излучение в полупроводниках. Время жизни излучательной рекомбинации.
11. Основные требования к полупроводниковым материалам, пригодным для изготовления источников излучения.
12. Спонтанное излучение в полупроводниках. Светодиоды.
13. Вынужденное излучение в полупроводниках. Связь между спонтанным и вынужденным излучением.
14. Системы с инверсной населенностью. Условие для начала усиления (генерации) излучения в системе с инверсной населенностью.
15. Лазеры. Пороговый коэффициент усиления (для начала генерации) излучения. Основные модели лазерных переходов. Типы лазеров.
16. Условия достижения инверсной населенности в полупроводниках. Случаи прямых и непрямых переходов зона-зона.
17. Условия достижения инверсной населенности в случаях участия экситонных и примесных уровней в полупроводниках.
18. Методы достижения инверсной населенности в полупроводниках (методы накачки).
19. Метод оптического возбуждения полупроводниковых лазеров, особенности, преимущества, недостатки.
20. Метод накачки электронным пучком, особенности, преимущества, недостатки, использование.
21. Метод накачки с помощью инжекции р-п-переходом вырожденных полупроводников. Преимущества, недостатки. Пороговое напряжение, соответствующее началу генерации.
22. Метод накачки с помощью инжекции гетеро-р-п-переходом. Основные особенности, преимущества.
23. Гетеролазеры. Проблема уменьшения порогового тока. Микрорезонаторные лазеры. Полупроводниковые лазеры на квантовых ямах и квантовых точках.
24. Основные методы модуляции излучения. Полупроводниковые модуляторы и дефлекторы излучения.
25. Полупроводниковые фотоприемники. Фотоприемники для волоконно-оптических линий связи.
26. Устройства отображения информации. Индикаторы и дисплеи.
27. Принципы оптической записи информации, материалы и оптические среды.
28. Элементы и устройства интегральной оптики. Пассивные и активные элементы и устройства.

7. Данные для учета успеваемости студентов в БАРС

Таблица 1.1 Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Семестр	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Автоматизированное тестирование	Другие виды учебной деятельности	Промежуточная аттестация	Итого
8	20	20	0	20	0	10	30	100

Программа оценивания учебной деятельности студента

8 семестр

Лекции

Посещаемость, опрос, активность и др. – от 0 до 20 баллов.

Лабораторные занятия

Техническая грамотность при выполнении лабораторных работ – от 0 до 5 баллов

Оформление отчётов в соответствии с установленными требованиями – от 0 до 5 баллов

Степень раскрытия материала при отчёте по лабораторным работам – от 0 до 10 баллов

Практические занятия:

Не предусмотрены.

Самостоятельная работа

Выполнение заданий на самостоятельную работу - от 0 до 20 баллов.

Автоматизированное тестирование

Не предусмотрено.

Другие виды учебной деятельности:

Контрольная работа, реферат - от 0 до 10 баллов

Промежуточная аттестация (экзамен)

Экзамен проводится в устной форме и предполагает ответ на 2 вопроса билета.

При проведении промежуточной аттестации

ответ на «отлично» оценивается от – 21 до 30 баллов;

ответ на «хорошо» оценивается от – 11 до 20 баллов;

ответ на «удовлетворительно» оценивается от – 6 до 10 баллов;

ответ на «неудовлетворительно» оценивается от 0 до 5 баллов.

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за 8 семестр по дисциплине «Квантовая и оптическая электроника» составляет 100 баллов.

Таблица 2. 2 Таблица пересчёта полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Квантовая и оптическая электроника» в оценку (экзамен):

86 - 100 баллов	«отлично»
70 - 85 баллов	«хорошо»
50 - 69 баллов	«удовлетворительно»
меньше 50 баллов	«неудовлетворительно»

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) литература:

1. Оптика и фотоника. Принципы и применения: учеб. пособие : в 2 т. / Б. Е. А. Салех, М. К. Тейх ; пер. с англ. В. Л. Дербова. - Долгопрудный : Изд. дом "Интеллект", 2012. (в ЗНБ СГУ по 10 экз. каждого тома).
2. Игнатов А. Н. Оптоэлектроника и нанофотоника: учеб. пособие. - Санкт-Петербург; Москва ; Краснодар : Лань, 2011. – 538 с. **Гриф УМО** (в ЗНБ СГУ 12 экз.)
3. Игнатов А. Н. Оптоэлектроника и нанофотоника [**Электронный ресурс**]: учеб. пособие. - 4-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2020. – 596 с. - ЭБС "ЛАНЬ".
4. Шука А. А. Электроника В 4 ч. Часть 3 Квантовая и оптическая электроника [**Электронный ресурс**]: 2-е изд., испр. и доп. Учебник для академического бакалавриата/ под ред. Сигова А.С.-М.: Юрайт, 2019 . – 117 с. ЭБС «ЮРАЙТ»
5. Фотонные кристаллы в примерах и задачах / В. Ф. Названов. - Саратов : Новый ветер, 2015. – 143 с. (в ЗНБ СГУ 5 экз.)
6. Розеншер Э., Винтер Б. Оптоэлектроника. 2-е изд. – М.: Техносфера, 2006. – 588 с. (в ЗНБ СГУ 14 экз.)
7. Нанотехнологии для микро- и оптоэлектроники / Дж. М. Мартинес-Дуарт, Р. Дж. Мартин-Палма, Ф. Агулло-Руеда; пер. с англ. – М.: Техносфера, 2007. – 367 с. (в ЗНБ СГУ 2 экз), 2009 (2 экз.)
8. Названов В.Ф. Основы оптоэлектроники: учеб. пособие. – Изд. СГУ, 1980. – 231.с. (в ЗНБ СГУ 27 экз.).

б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

1. Windows XP Prof
2. Антивирус Касперского 6.0 для Windows Workstations
3. Microsoft Office профессиональный 2010
4. MathCad 14.0

5. Названов В.Ф. Лабораторные работы по квантовой и оптической электронике (учебное пособие для студентов) [Электронный ресурс]: 2007.- Режим доступа: <http://solid.sgu.ru/Education/Optoelectronics-lab.pdf> (дата обращения: 28.08.2019).
6. Каталог образовательных Интернет-ресурсов (<http://window.edu.ru>)

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Занятия по дисциплине «Квантовая и оптическая электроника» проводятся в аудиториях, оснащенных компьютерной техникой, измерительными приборами, лабораторным оборудованием, наглядными демонстрационными материалами и пр. (презентации, плакаты).

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника» с учётом профиля подготовки «Микро- и нанoeлектроника, диагностика нано- и биомедицинских систем».

Автор
Профессор Названов В.Ф.

Программа разработана в 2019 г. и одобрена на заседании кафедры физики твёрдого тела от 03 декабря 2019 года, протокол № 4.

Программа актуализирована в 2021г. и одобрена на заседании кафедры физики твёрдого тела от 05 октября 2021 года, протокол № 3.

Приложение

Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Рекомендуемая литература:

1. Основы оптоэлектроники : учебное пособие / А. И. Астайкин, М. К. Смирнов. - Москва : Высшая школа, 2007. – 275 с. **Гриф УМО** (в ЗНБ СГУ 10 экз.)
2. Скляр О. К. Волоконно-оптические сети и системы связи: учеб. пособие. - 2-е изд., стер. - Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2010. - 260 с. (в ЗНБ СГУ 11 экз.)
3. Физические основы интегральной оптики: учеб. пособие для студентов вузов / М. Ф. Панов, А. В. Соломонов, Ю. В. Филатов. - Москва : Изд. центр "Академия", 2010. – 426 с. **Гриф УМО** (в ЗНБ СГУ 4 экз.)
4. Твердотельная фотоэлектроника. Физические основы / А.М. Филачев, И.И. Таубкин, М.А. Трищенко. – М.: Физматкнига, 2007. – 384 с. (в ЗНБ СГУ 2 экз.). 2005 (3 экз.).
5. Шуберт Ф.Е. Светодиоды / Пер. с англ. – М.: Физматлит, 2008. – 496 с. (в ЗНБ СГУ 5 экз.).
6. Оптоэлектронные элементы и устройства систем специального назначения [Электронный ресурс] / В. Н. Легкий, Б. В. Галун, О. В. Санков. - Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет (НГТУ), 2011. - 455 с. - ЭБС "IPRBOOKS"