

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
"Амурский государственный университет"

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной и
научной работе

Лейфа А.В. Лейфа

« 1 » сентября 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
«ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОПТОЭЛЕКТРОНИКИ»

Направление подготовки 03.03.02 Физика

Направленность (профиль) образовательной программы –

Квалификация выпускника – Бакалавр

Год набора – 2022

Форма обучения – Очная

Курс 4 Семестр 8

Зачет 8 сем

Общая трудоемкость дисциплины 72.0 (академ. час), 2.00 (з.е)

Составитель Д.В. Фомин, доцент, канд. физ.-мат. наук

Инженерно-физический факультет

Кафедра физики

Рабочая программа составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта ВО для направления подготовки 03.03.02 Физика утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 07.08.2020 № 891

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры физики

01.09.2022 г. , протокол № 1

Заведующий кафедрой Стукова Е.В. Стукова

СОГЛАСОВАНО

Учебно-методическое управление

Чалкина Н.А. Чалкина

« 1 » сентября 2022 г.

СОГЛАСОВАНО

Научная библиотека

Петрович О.В. Петрович

« 1 » сентября 2022 г.

СОГЛАСОВАНО

Выпускающая кафедра

Стукова Е.В. Стукова

« 1 » сентября 2022 г.

СОГЛАСОВАНО

Центр цифровой трансформации и
технического обеспечения

Тодосейчук А.А. Тодосейчук

« 1 » сентября 2022 г.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины:

изучение физических основ работы оптоэлектронных и нанопотонных приборов, основных типов излучающих, фотоприемных и индикаторных приборов, а также вопросов применения оптоэлектронных приборов в аналоговых и цифровых устройствах.

Задачи дисциплины:

- сформировать у студента глубокие профессиональные знания о процессах преобразования электрических сигналов в оптические и оптических в электрические;
- сформировать у студента представление о процессах взаимодействия электромагнитных излучений оптического диапазона с веществом;
- научить практическим приемам использования полупроводниковых оптоэлектронных приборов в микроэлектронной и наноэлектронной аппаратуре.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Физические основы оптоэлектроники» относится к элективным дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы, дисциплина по выбору. Для освоения дисциплины «Физические основы оптоэлектроники» необходимо изучить следующие предметы: общая физика, химия, физика твердого тела.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И ИНДИКАТОРЫ ИХ ДОСТИЖЕНИЯ

3.1 Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения

Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
ПК-1 способен выполнять работы по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований в соответствующей области знаний	ИД-1 _{ПК-1} Знает основные принципы обработки и анализа научно-технической информации и результатов исследований в соответствующей области знаний ИД-2 _{ПК-1} Понимает, умеет излагать и анализировать научно-техническую информацию, и полученные результаты исследований в соответствующей области знаний ИД-3 _{ПК-1} Умеет решать профессиональные задачи с применением современной приборной базы и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта

4. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2.00 зачетных единицы, 72.0 академических часов.

1 – № п/п

2 – Тема (раздел) дисциплины, курсовая работа (проект), промежуточная аттестация

3 – Семестр

4 – Виды контактной работы и трудоемкость (в академических часах)

4.1 – Л (Лекции)

4.2 – Лекции в виде практической подготовки

4.3 – ПЗ (Практические занятия)

4.4 – Практические занятия в виде практической подготовки

4.5 – ЛР (Лабораторные работы)

4.6 – Лабораторные работы в виде практической подготовки

4.7 – ИКР (Иная контактная работа)

4.8 – КТО (Контроль теоретического обучения)

4.9 – КЭ (Контроль на экзамене)

5 – Контроль (в академических часах)

6 – Самостоятельная работа (в академических часах)

7 – Формы текущего контроля успеваемости

1	2	3	4									5	6	7
			4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9			
1	Введение в оптоэлектронику	8	2		2								1.8	выполнение индивидуальной работы
2	Физические основы оптоэлектроники	8	4		4								4	выполнение индивидуальной работы
3	Оптические волноводы	8	2		2								2	выполнение индивидуальной работы
4	Приборы некогерентного и когерентного излучений	8	2		2								2	выполнение индивидуальной работы
5	Полупроводниковые фотоприемные приборы	8	2		2								2	выполнение индивидуальной работы
6	Оптроны	8	2		2								2	выполнение индивидуальной работы
7	Индикаторные приборы	8	2		2								2	выполнение индивидуальной работы
8	Применение оптоэлектронных приборов	8	2		2								2	выполнение индивидуальной работы
9	Волоконно-оптические системы связи	8	2		2								2	выполнение индивидуальной работы
10	Физические основы нанофотоники	8	4		4								4	выполнение индивидуальной работы
11	Зачет	8								0.2				
	Итого		24.0		24.0		0.0		0.0	0.2	0.0	0.0	23.8	

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Лекции

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)
1	Введение	в Цель, предмет, задачи и структура предмета. Его

	оптоэлектронику	связь с другими областями науки. Введение в волоконную оптику. Особенности оптической электроники. История развития оптоэлектроники. Современное состояние оптоэлектронной элементной базы. Система обозначений оптоэлектронных приборов индикации. Система обозначений фотоприемных приборов и оптронов.
2	Физические основы оптоэлектроники	Различие фотометрических и энергетических характеристик. Фотометрические характеристики оптического излучения. Энергетические характеристики оптического излучения. Энергетические и световые параметры. Колориметрические параметры. Когерентность оптического излучения. Квантовые переходы и вероятности. Ширина спектральной линии. Использование вынужденных переходов для усиления электромагнитного поля. Механизм генерации излучения в полупроводниках. Прямозонные и непрямозонные полупроводники. Внешний квантовый выход и потери излучения. Излучатели на основе гетероструктур. Поглощение света в твердых телах. Типы переходов и характеристики излучающих полупроводниковых структур. Параметры оптического излучения.
3	Оптические волноводы	Абсолютный показатель преломления. Законы отражения и преломления света. Конструкция планарного симметричного оптического волновода. Эффект Гуса-Хенхена. Условие поперечного резонанса для планарного волновода. Мода оптического излучения. Конструкция цилиндрического диэлектрического волновода - стекловолокна. Номинальная числовая апертура стекловолокна. Квантование углов θ и ϕ в стекловолокне. Уширение импульсного оптического сигнала, обусловленное материальной дисперсией. Свойства градиентных световолокон. Стационарное волновое уравнение электрической компоненты поля E_z световой волны и его решение. Предельное число мод, способных распространяться по стекловолокнам. Виды потерь оптических сигналов. Влияние оптического волокна на характеристики сетей связи.
4	Приборы некогерентного и когерентного излучений	Источники искусственного света. Основные характеристики и параметры светодиодов. Конструкции светодиодов. Электрическая модель светодиода. Физические основы усиления и генерации лазерного излучения. Структурная схема лазера. Лазеры на основе кристаллических диэлектриков. Жидкостные лазеры. Газовые лазеры. Устройство и принцип действия полупроводникового инжекционного монолазера. Устройство и принцип действия полупроводниковых лазеров с

		гетероструктурами. Волоконно- оптические усилители и лазеры. Светоизлучающие диоды для волоконно- оптических систем. Сравнительная характеристика лазеров и светодиодов.
5	Полупроводниковые фотоприемные приборы	Принцип работы фотоприемных приборов. Характеристики, параметры и модели фотоприемников. Фотодиоды на основе р- п- перехода. Фотодиоды с р- i- п- структурой. Фотодиоды Шоттки. Фотодиоды с гетероструктурой. Лавинные фотодиоды. Фототранзисторы. Фототиристоры. Фоторезисторы. ПЗС- приемные фотоприборы. Фотодиодные СБИС на основе МОП- транзисторов.
6	Оптроны	Устройство и принцип действия оптронов. Структурная схема оптрона. Классификация и параметры оптронов. Электрическая модель оптрона. Резисторные оптопары . Диодные оптопары. Транзисторные оптопары
7	Индикаторные приборы	Жидкокристаллические индикаторы. Электролюминесцентные индикаторы. Плазменные панели и устройства на их основе. Электрохромные индикаторы. Отображение информации индикаторными приборами.
8	Применение оптоэлектронных приборов	Устройство и принцип действия оптоэлектронных генераторов. Применение оптронов для выполнения логических функций. Применение оптронов как аналогов электрорадиокомпонентов. Устройство и принцип действия оптоэлектронных усилителя. Устройство и принцип действия оптоэлектронных цифровых ключей. Применение оптоэлектронных приборов для измерения высоких напряжений и управления устройствами большой мощности. Принцип действия оптических устройств записи информации. Принцип лазерно- оптического считывания информации. Принципы цифровой оптической записи и воспроизведения информации с компакт- дисков. Оптоэлектронные сенсорные системы взаимодействия человека с электронной техникой.
9	Волоконно- оптические системы связи	Общие сведения. Волоконно- оптические системы распределения. Оптические передатчики. Приемники волоконно- оптических систем связи. Цифровые волоконно- оптические системы связи. Аналоговые волоконно-оптические системы связи. «Умные» соединители на основе смартлинков. Волоконно- оптические технологии для сетей доступа.
10	Физические основы нанофотоники	Введение в нанофотонику. Классификация низкоразмерных объектов. Квантовые эффекты в полупроводниках. Оптические свойства наноматериалов. Использование квантово-

		размерных эффектов для разработок лазеров. Нанопотонные приборы, устройства и системы. Нанопотонные лазеры. Нанопотонные устройства и системы на основе жидких кристаллов.
--	--	--

5.2. Практические занятия

Наименование темы	Содержание темы
Введение в оптоэлектронику	Изучение системы обозначений оптоэлектронных приборов
Физические основы оптоэлектроники	Изучение принципов работы с измерительными приборами оптоэлектроники
Физические основы оптоэлектроники	Тестирование оптоэлектронных компонентов с использованием омметра, люксметра и других приборов
Оптические волноводы	Изучение видов потерь оптических сигналов
Приборы некогерентного и когерентного излучений	Исследование характеристик светоизлучающих диодов
Приборы некогерентного и когерентного излучений	Изучение принципов работы и исследование характеристик лазерных диодов
Полупроводниковые фотоприемные приборы	Исследование характеристик фотоприемников
Полупроводниковые фотоприемные приборы	Исследование характеристик солнечных фотопреобразователей
Оптроны	Изучение принципов работы и характеристик оптронов
Индикаторные приборы	Изучение работы жидкокристаллических индикаторов
Применение оптоэлектронных приборов	Изучение принципов работы ИК приемников и излучателей в паре
Применение оптоэлектронных приборов	Сборка и тестирование простого оптоэлектронного устройства на беспаечной макетной плате
Волоконно-оптические системы связи	Изучение цифровых волоконно-оптических систем связи
Физические основы нанопотоники	Изучение нанопотонных приборов

6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)	Трудоемкость в академических часах
1	Введение в оптоэлектронику	работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы	1.8
2	Физические основы оптоэлектроники	работа с лекционным материалом; подготовка к практическим занятиям; изучение материала, вынесенного на	4

		самостоятельную проработку	
3	Оптические волноводы	поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса	2
4	Приборы некогерентного и когерентного излучений	работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы; подготовка к практическим занятиям; изучение материала	2
5	Полупроводниковые фотоприемные приборы	работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы; подготовка к практическим занятиям; изучение материала	2
6	Оптроны	работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы; подготовка к практическим занятиям; изучение материала	2
7	Индикаторные приборы	работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы; подготовка к практическим занятиям; изучение материала	2
8	Применение оптоэлектронных приборов	работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы; подготовка к практическим занятиям; изучение материала	2
9	Волоконно-оптические системы связи	работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы; подготовка к практическим занятиям; изучение материала	2
10	Физические основы нанофотоники	работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы; подготовка к контрольной работе	4

7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02 – «Физика» реализация компетентностного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

Лекционные занятия проводятся с использованием традиционной, активной и интерактивной форм обучения. Практические занятия проводятся с использованием активных и интерактивных форм обучения.

При преподавании дисциплины «Физические основы оптоэлектроники» используются как традиционные (лекция, лекция - беседа, проблемная лекция, лекция-семинар), так и инновационные технологии (применение мультимедийного проектора, семинар-дискуссия, «мозговой штурм»), использование ресурсов сети Internet и электронных

учебников).

8. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания, типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков, характеризующих этапы формирования компетенций, а так же методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков отражены в фонде оценочных средств по дисциплине «Физические основы оптоэлектроники».

Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций, включает в себя: текущий контроль и промежуточную аттестацию.

Текущий контроль осуществляется в ходе проведения лекционных и лабораторных занятий (семинаров).

Текущий контроль за аудиторной и самостоятельной работой обучаемых осуществляется во время проведения аудиторных занятий посредством устного опроса, осуществления лекции в форме диалога.

Промежуточная аттестация осуществляется в виде зачета. Зачет проводится по расписанию сессии. Форма проведения зачета – письменный ответ. Количество вопросов в зачетном задании – 3.

Зачтено – изложение полученных знаний в устной, письменной или графической форме, полное, в системе, в соответствии с требованиями учебной программы; допускаются единичные несущественные ошибки, самостоятельно исправляемые студентами; допускаются отдельные несущественные ошибки, исправляемые студентами после указания преподавателя на них; допускаются отдельные существенные ошибки, исправление с помощью преподавателя.

Не зачтено – изложение учебного материала неполное, бессистемное, что препятствует усвоению последующей учебной информации; существенные ошибки, не исправляемые даже с помощью преподавателя.

Вопросы к зачету:

1. Система обозначений оптоэлектронных приборов индикации. Система обозначений фотоприемных приборов и оптронов.
2. Фотометрические характеристики оптического излучения.
3. Энергетические характеристики оптического излучения.
4. Энергетические и световые параметры.
5. Колориметрические параметры.
6. Когерентность оптического излучения.
7. Квантовые переходы и вероятности.
8. Прямозонные и непрямозонные полупроводники.
9. Внешний квантовый выход и потери излучения.
10. Излучатели на основе гетероструктур.
11. Поглощение света в твердых телах.
12. Типы переходов и характеристики излучающих полупроводниковых структур.
13. Параметры оптического излучения.
14. Абсолютный показатель преломления. Законы отражения и преломления света.
15. Конструкция планарного симметричного оптического волновода.
16. Эффект Гуса-Хенхена.
17. Условие поперечного резонанса для планарного волновода.
18. Стационарное волновое уравнение электрической компоненты поля $\square$ световой волны и его решение.
19. Виды потерь оптических сигналов.
20. Влияние оптического волокна на характеристики сетей связи.
21. Источники искусственного света. Основные характеристики и параметры

светодиодов. Конструкции светодиодов.

22. Электрическая модель светодиода.

23. Структурная схема лазера. Лазеры на основе кристаллических диэлектриков. Жидкостные лазеры. Газовые лазеры.

24. Устройство и принцип действия полупроводникового инжекционного монолазера.

25. Устройство и принцип действия полупроводниковых лазеров с гетероструктурами.

26. Волоконно-оптические усилители и лазеры.

27. Светоизлучающие диоды для волоконно-оптических систем.

28. Сравнительная характеристика лазеров и светодиодов.

29. Принцип работы фотоприемных приборов. Характеристики, параметры и модели фотоприемников.

30. Фотодиоды на основе p-n-перехода.

31. Фотодиоды с p-i-n-структурой.

32. Фотодиоды Шоттки.

33. Фотодиоды с гетероструктурой.

34. Лавинные фотодиоды.

35. Фототранзисторы.

36. Фототиристоры.

37. Фоторезисторы.

38. ПЗС-приемные фотоприборы. Фотодиодные СБИС на основе МОП-транзисторов.

39. Устройство и принцип действия оптронов. Структурная схема оптрона. Классификация и параметры оптронов. Электрическая модель оптрона.

40. Резисторные оптопары. Диодные оптопары. Транзисторные оптопары.

41. Жидkokристаллические индикаторы.

42. Электролюминесцентные индикаторы.

43. Плазменные панели и устройства на их основе.

44. Электрохромные индикаторы.

45. Применение оптронов.

46. Принцип действия оптических устройств записи информации.

47. Принципы цифровой оптической записи и воспроизведения информации с компакт-дисков.

48. Волоконно-оптические системы распределения.

49. Цифровые волоконно-оптические системы связи.

50. Аналоговые волоконно-оптические системы связи.

51. Классификация низкоразмерных объектов. Квантовые эффекты в полупроводниках.

52. Оптические свойства наноматериалов. Использование квантово-размерных эффектов для разработок лазеров.

53. Нанопотонные приборы, устройства и системы.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) литература

1. Игнатов, А. Н. Оптоэлектроника и нанофотоника : учебное пособие / А. Н. Игнатов. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 596 с. — ISBN 978-5-8114-5149-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/133479> (дата обращения: 28.05.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Давыдов В.Н. Физические основы оптоэлектроники [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.Н. Давыдов. — Электрон.текстовые данные. — Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2016. — 139 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/72209.html> — ЭБС «IPRbooks».

3. Смирнов, Ю. А. Физические основы электроники: учебное пособие / Ю. А. Смирнов, С. В. Соколов, Е. В. Титов. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — 560 с. — ISBN 978-5-8114-1369-0. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/168522> (дата обращения: 28.05.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Смирнов, Ю. А. Основы нано- и функциональной электроники: учебное пособие / Ю. А. Смирнов, С. В. Соколов, Е. В. Титов. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — 320 с. — ISBN 978-5-8114-1378-2. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/168521> (дата обращения: 28.05.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

№	Наименование	Описание
1	Операционная система MS Windows 7 Pro	DreamSpark Premium Electronic Software Delivery (3 years) Renewal по договору - Сублицензионный договор № Tr000074357/КНВ 17 от 30 июня 2019 года.
2	http://www.iprbookshop.ru/	Электронно-библиотечная система IPRbooks – научно-образовательный ресурс для решения задач обучения в России и за рубежом. Уникальная платформа ЭБС IPRbooks объединяет новейшие информационные технологии и учебную лицензионную литературу. Контент ЭБС IPRbooks отвечает требованиям стандартов высшей школы, СПО, дополнительного и дистанционного образования. ЭБС IPRbooks в полном объеме соответствует требованиям законодательства РФ в сфере образования
3	http://www.e.lanbook.com	Электронная библиотечная система «Издательства Лань», тематические пакеты: математика, физика, инженерно-технические науки, химия

в) профессиональные базы данных и информационные справочные системы

№	Наименование	Описание
1	http://window.edu.ru	Единое окно доступа к образовательным ресурсам
2	http://www.prometeus.nsc.ru/sciguide/page0609.ssi	SciGuide - веб-навигатор зарубежных и отечественных научных электронных ресурсов открытого доступа, элемент поддержки научной коммуникации в Сибирском отделении РАН. Навигатор помогает вести поиск качественных научных ресурсов мирового уровня
3	https://elibrary.ru/defaultx.asp	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU - российский информационно-аналитический портал в области науки, технологии, медицины и образования

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Занятия по дисциплине «Физические основы оптоэлектроники» проводятся в специальных помещениях, представляющих собой учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, практических работ с лабораторным оборудованием, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории. Все помещения, в которых проводятся занятия, соответствуют действующим противопожарным правилам и нормам.

Каждый обучающийся обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронно- библиотечным системам и к электронной информационно-образовательной среде университета.

Самостоятельная работа обучающихся осуществляется в помещениях, оснащенных компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно- образовательную среду университета

На занятиях применяется следующее техническое оборудование: ПЭВМ на базе процессора Intel Pentium, проектор.