

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Структурное подразделение «Радиоэлектроники и телекоммуникационных систем»

УТВЕРЖДЕНА:
на заседании кафедры
Протокол №13 от 02 июня 2025 г.

Рабочая программа дисциплины

«ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОПТОЭЛЕКТРОНИКИ»

Направление: 11.03.01 Радиотехника

Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов

Квалификация: Бакалавр

Форма обучения: очная

Документ подписан простой электронной подписью
Составитель программы: Леонова Наталья Всеволодовна
Дата подписания: 28.05.2025

Документ подписан простой электронной подписью
Утвердил и согласовал: Ченский Александр Геннадьевич
Дата подписания: 18.06.2025

Год набора – 2025

Иркутск, 2025 г.

1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

1.1 Дисциплина «Физические основы оптоэлектроники» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ПКР-1 Способность проводить изучение режимов работы и условий эксплуатации радиоэлектронного оборудования	ПКР-1.1

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ПКР-1.1	Умеет создавать электрические принципиальные схемы и проводить моделирование их работы	Знать особенности электрических принципиальных схем оптоэлектронных устройств на базе применения интегральных микросхем; физические основы работы оптоэлектронных систем; основные составные части оптоэлектронных устройств; схемы построения оптоэлектронных приборов для особо точных измерений. Уметь создавать электрические принципиальные схемы и проводить моделирование их работ, рассчитывать параметры оптоэлектронных систем; составлять схемы оптоэлектронных измерительных систем; систем хранения, обработки и передачи информации. Владеть способностью создавать электрические принципиальные схемы и проводить моделирование их работ, рассчитывать параметры оптоэлектронных систем; составлять схемы оптоэлектронных измерительных систем; систем хранения, обработки и передачи информации.

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Физические основы оптоэлектроники» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Математика», «Физика», «Основы теории колебаний и волн», «Основы теории цепей», «Электроника»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Оптические устройства в радиотехнике»

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 4 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)	
	Всего	Семестр № 4
Общая трудоемкость дисциплины	144	144
Аудиторные занятия, в том числе:	64	64
лекции	16	16
лабораторные работы	16	16
практические/семинарские занятия	32	32
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	44	44
Трудоемкость промежуточной аттестации	36	36
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Экзамен	Экзамен

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Семестр № 4

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)		№	Кол. Час.	
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Физические эффекты, лежащие в основе работы оптоэлектронных систем	1	4	1, 2, 3, 4	8	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	14	1, 2, 3, 4	21	Контрольная работа
2	Компоненты оптоэлектронных систем	2	2			8, 9	4	2, 3	4	Контрольная работа
3	Оптоэлектронные системы с лазерами	3	2			10, 11	4	2, 3	4	Контрольная работа
4	Возможности использования голографии в оптоэлектронных системах	4	2			12	2	3	1	Контрольная работа
5	Волоконно-оптические системы передачи	5	2	5, 6, 7, 8	8	13	2	1, 2, 3, 4	8	Контрольная работа
6	Интегрально-оптические	6	2			14	2	2, 3	2	Контрольная работа

	системы									
7	Оптоэлектронные системы передачи, обработки и хранения информации	7	2			15, 16	4	2, 3	4	Контрольная работа
	Промежуточная аттестация								36	Экзамен
	Всего		16		16		32		80	

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 4

№	Тема	Краткое содержание
1	Физические эффекты, лежащие в основе работы оптоэлектронных систем	Изучение физических эффектов, лежащих в основе работы оптоэлектронных приборов, принципов работы оптоэлектронных систем. Геометрическая оптика, полное внутреннее отражение света. Интерференция и дифракция световых волн. Дисперсия света. Поляризация света, двойное лучепреломление. Оптические эффекты. Излучение, поглощение, рассеяние света. Внешний и внутренний фотоэффект.
2	Компоненты оптоэлектронных систем	Источники излучения. Приемники излучения. Оптоны. Оптические системы оптоэлектронных приборов. Электронные элементы
3	Оптоэлектронные системы с лазерами	Применение лазерных систем в промышленности. Лазерные измерительные системы. Лазерные системы для исследования окружающей среды
4	Возможности использования голографии в оптоэлектронных системах	Физические основы голографии. Схемы записи и восстановления изображения для плоских голограмм. Толстослойные голограммы. Применение голографии
5	Волоконно-оптические системы передачи	Распространение света в оптическом волокне. Компоненты волоконно-оптических систем передачи. Принципы построения волоконно-оптических систем. Волоконно-оптические датчики
6	Интегрально-оптические системы	Оптические волноводы. Направленные ответвители, пассивные элементы. Интегрально-оптический модулятор. Активные элементы интегрально-оптических систем
7	Оптоэлектронные системы передачи, обработки и хранения информации	Оптический процессор. Пространственная фильтрация оптических сигналов. Оптоэлектронные запоминающие устройства

4.3 Перечень лабораторных работ

Семестр № 4

№	Наименование лабораторной работы	Кол-во академических часов
1	Изучение явления полного внутреннего отражения в оптическом волокне	2
2	Изучение явления интерференции света. Способы наблюдения интерференционной картины	2
3	Изучение явления дифракции	2
4	Изучение явления поляризации света	2
5	Структура и принцип работы волоконно-оптических систем передачи	2
6	Изучение работы волоконно-оптического канала связи	2
7	Передающие устройства для волоконно-оптических систем	2
8	Приемные устройства для волоконно-оптических систем	2

4.4 Перечень практических занятий

Семестр № 4

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Физические явления и эффекты, лежащие в основе работы оптоэлектронных систем. Интерференция	2
2	Физические явления и эффекты, лежащие в основе работы оптоэлектронных систем. Дифракция	2
3	Физические явления и эффекты, лежащие в основе работы оптоэлектронных систем. Поляризация	2
4	Физические явления и эффекты, волновая природа (контрольная работа)	2
5	Физические явления и эффекты, лежащие в основе работы оптоэлектронных систем. Тепловое излучение	2
6	Физические явления и эффекты, лежащие в основе работы оптоэлектронных систем. Фотоэффект, эффект Комптона	2
7	Физические явления и эффекты, квантовая природа (контрольная работа)	2
8	Компоненты оптоэлектронных систем. Источники и приемники оптического излучения	2
9	Оптоэлектронные системы (контрольная работа)	2
10	Лазерные измерительные системы	2
11	Лазерные системы для исследования окружающей среды, применение лазеров	2
12	Лазерные системы. Голграфия и ее применение в оптоэлектронных приборах (контрольная)	2

	работа)	
13	Волоконно-оптические системы передачи	2
14	Интегрально-оптические системы	2
15	Оптические процессоры	2
16	Оптические запоминающие устройства	2

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 4

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Оформление отчетов по лабораторным и практическим работам	4
2	Подготовка к контрольным работам	11
3	Подготовка к практическим занятиям (лабораторным работам)	25
4	Подготовка к сдаче и защите отчетов	4

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: дискуссия, деловая игра

5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

5.1.1 Методические указания для обучающихся по практическим занятиям

Леонова Н.В. Физические основы оптоэлектроники: Методические указания к практическим занятиям и СРС для обучающихся по направлению 11.03.01 «Радиотехника» Профиль подготовки: «Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов» - ИрННТУ, 2018. - 25 с.

5.1.2 Методические указания для обучающихся по лабораторным работам:

Леонова Н.В. Физические основы оптоэлектроники: Методические указания к лабораторным работам для обучающихся по направлению 11.03.01 «Радиотехника» Профиль подготовки: «Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов» - ИрННТУ, 2018. - 85 с.

5.1.3 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Леонова Н.В. Физические основы оптоэлектроники: Методические указания к практическим занятиям и СРС для обучающихся по направлению 11.03.01 «Радиотехника» Профиль подготовки: «Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов» - ИрННТУ, 2018. - 25 с.

6 Фонд оценочных средств для контроля текущей успеваемости и проведения промежуточной аттестации по дисциплине

6.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля

6.1.1 семестр 4 | Контрольная работа

Описание процедуры.

Текущий контроль включает в себя 5 контрольных работ:

Контрольная работа № 1. Физические явления и эффекты, лежащие в основе работы оптоэлектронных приборов (волновая природа света)

Контрольная работа № 2. Физические явления и эффекты, лежащие в основе работы оптоэлектронных приборов (квантовая природа света)

Контрольная работа № 3. Оптоэлектронные приборы

Контрольная работа № 4. Оптоэлектронные системы с лазерами. Возможности использования голографии

Контрольная работа № 5. Волоконно-оптические системы передачи. Интегрально-оптические системы

Контрольная работа № 6. Оптоэлектронные системы передачи, обработки и хранения информации

Темы контрольных работ, вопросы и задачи к ним приведены в методических указаниях (Леонова Н.В. Физические основы оптоэлектроники: Методические указания к практическим занятиям и СРС для обучающихся по направлению 11.03.01 «Радиотехника» Профиль подготовки: «Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов» - ИрНИТУ, 2018. - 25 с.).

Пример контрольной работы:

Контрольная работа № 1. Физические явления и эффекты, лежащие в основе работы оптоэлектронных приборов (волновая природа света)

Описание процедуры: Студент отвечает на 2 теоретических вопроса и решает 2 задачи (пример билета приведен ниже).

Билет № 1

1. Интерференция света. Когерентность световых волн. Оптическая разность хода. Условия максимумов и минимумов при интерференции света.
2. Электрооптический эффект. Электрооптические материалы
3. Для уменьшения потерь света из-за отражения от поверхности стекла последнее покрывают тонким слоем вещества с показателем преломления n_2 , где n – показатель преломления стекла. В этом случае амплитуды световых колебаний, отраженных от обеих поверхностей такого слоя будут одинаковыми. При какой толщине этого слоя отражательная способность стекла в направлении нормали будет равна 0 для света с длиной волны λ .
4. Найти длину волны λ_m , при которой показатель преломления паров йода $n_2 = a + b\lambda^{-2} + d\lambda^2$ (a , b и $d > 0$ - постоянные) принимает минимальное значение. Определить и сравнить групповую u и фазовую v скорости при $\lambda = \lambda_m$. Объяснить полученный результат.

Вопросы для контроля:

1. Полное внутреннее отражение
2. Интерференция света. Когерентность световых волн. Оптическая разность хода. Условия максимумов и минимумов при интерференции света
3. Методы наблюдения интерференции света. Расчет интерференционной картины от двух источников
4. Дифракция волн. Принцип Гюйгенса-Френеля. Метод зон Френеля.
5. Дифракция Френеля на круглом отверстии и диске
6. Дифракция Фраунгофера на одной щели и дифракционной решетке
7. Дифракция рентгеновских лучей. Условие Вульфа-Брэггов. Понятие о рентгеноструктурном анализе.
8. Естественный и поляризованный свет. Прохождение света через поляризаторы.

Закон Малюса

9. Поляризация света при отражении и преломлении. Закон Брюстера
10. Двойное лучепреломление. Двойкопреломляющие кристаллы
11. Дисперсия света. Нормальная и аномальная дисперсия
12. Понятие об электронной теории дисперсии света
13. Эффект Доплера
14. Электрооптический эффект. Электрооптические материалы
15. Эффект Поккельса. Модулятор на основе эффекта Поккельса
16. Электрооптический эффект Керра. Оптические Затворы Керра
17. Магнитооптические эффекты
18. Магнитооптический эффект Фарадея. Оптические изоляторы на основе эффекта Фарадея
19. Магнитооптический эффект Керра. Применение эффекта Керра для считывания информации на оптических дисках
20. Акустооптические эффекты
21. Особенности дифракции Брэгга
22. Особенности дифракции Рамана – Ната
23. Нелинейные оптические эффекты

Критерии оценивания.

Не решена ни одна задача – неудовлетворительно.

Нечеткие ответы на вопросы, но одна задача решена – удовлетворительно.

Нет ответа на один вопрос, или не решена одна задача – хорошо.

Подробные, исчерпывающие ответы на все вопросы, все задачи решены верно – отлично.

6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

6.2.1 Критерии и средства (методы) оценивания индикаторов достижения компетенции в рамках промежуточной аттестации

Индикатор достижения компетенции	Критерии оценивания	Средства (методы) оценивания промежуточной аттестации
ПКР-1.1	Знает теоретический материал по физическим основам оптоэлектроники: физических эффектов, лежащих в основе работы оптоэлектронных приборов, принципов работы оптоэлектронных систем, применения оптоэлектронных систем в различных областях	Устное собеседование по теоретическим вопросам и/или выполнение практических заданий

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Семестр 4, Типовые оценочные средства для проведения экзамена по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

Контрольные вопросы к экзамену

1. Особенности оптического излучения. Области применения оптоэлектронных приборов. Классификация оптоэлектронных устройств
2. Поглощение, рассеяние и рекомбинация света
3. Двоякопреломляющие кристаллы. Одноосные и двухосные кристаллы. Оптически активные вещества
4. Явление полного внутреннего отражения и его применение
5. Фотогальванический эффект. Фотопроводимость. Пироэлектрический эффект. Баломерический эффект
6. Электрооптические эффекты и их применение в оптоэлектронике
7. Нелинейные оптические эффекты
8. Магнитооптические эффекты и их применение
9. Акустооптические эффекты и их применение
10. Естественные и искусственные источники излучения
11. Тепловые источники
12. Светодиоды. Электролюминесцентные ячейки, конденсаторы
13. Лазеры. Классификация лазеров. Характеристики лазерного излучения
14. Фотоэлектрические приемники
15. Приемники оптического излучения, работающие на фотоэлектронной эмиссии
16. Приемники оптического излучения, работающие на внутреннем фотоэффекте
17. Тепловые приемники
18. Оптические системы оптоэлектронных приборов
19. Применение лазерных систем в промышленности
20. Лазерные системы для измерения скорости потока жидкости или газа.
21. Лазерные гироскопы
22. Лазерные системы для измерения линейных размеров
23. Лазерные системы измерение расстояний
24. Применение лазеров для исследования окружающей среды
25. Физические основы голографии
26. Запись голограммы плоской волны и восстановление изображения
27. Запись голограммы точечного объекта и восстановление изображения
28. Особенности толстослойной голограммы. Запись толстослойной голограммы и восстановление изображения
29. Голографическая интерферометрия
30. Голографическая микроскопия
31. Голографические оптические элементы. Получение и восстановление множительного топографического элемента
32. Компенсация искажений, вносимых оптически неоднородными средами, методом обращения хода лучей
33. Видовые голограммы. Получение композиционной голограммы
34. Структура волоконного световода. Физические процессы в волоконных световодах
35. Источники и приемники излучения для волоконно-оптических систем
36. Пассивные элементы волоконно-оптических трактов.
37. Схема построения волоконно-оптической системы передачи.
38. Компоненты интегрально-оптических систем. Типы оптических интегральных микросхем
39. Оптические волноводы. Планарные волноводы. Трехмерные волноводы. Материалы для волноводов
40. Устройства ввода и вывода излучения в интегрально-оптических системах. Элементы связи.

41. Направленные ответители. Пассивные оптические элементы интегрально-оптических систем. Волноводная Линза. Линза Люнеберга. Геодезическая линза. Волноводная линза Френеля
42. Модуляторы оптического излучения в интегрально-оптических системах
43. Лазерные источники в интегрально-оптических системах. Фотоприемники интегрально-оптических систем
44. Принцип действия оптического процессора. Структурная схема устройства с оптическим процессором
45. Оптическая система для выполнения операции умножения
46. Запись информации с помощью электрически управляемого транспаранта
47. Голографический процессор
48. Схема умножения оптических сигналов с модуляцией по амплитуде и фазе
49. Оптическая схема преобразования Фурье. Пространственная фильтрация оптических сигналов
50. Разложение пучка света на пространственные частоты. Схема оптимального пространственного фильтра
51. Распознавание объектов определенной формы. Применение оптических методов распознавания образов
52. Принципы построения оптоэлектронных запоминающих устройств. Бинарные запоминающие устройства
53. Голографические запоминающие устройства
54. Запись информации на элементах голографической матрицы и считывание информации. Кодирование информации для ее цифровой голографической записи

Успешному проведению экзамена способствует систематическое посещение лекционных, практических и семинарских занятий, лабораторных работ, тщательная проработка вопросов, выносимых на обсуждения на групповых занятиях и самостоятельная подготовка обучающихся. При подготовке к экзамену необходимо ознакомиться с вопросами, составить структурно-логическую схему ответа на каждый вопрос, используя при этом материалы лекционных практических и семинарских занятий, рекомендуемую преподавателем литературу. При возникновении сложностей в процессе подготовки к экзамену необходимо обратиться за консультацией к преподавателю.

Экзамены являются заключительным этапом изучения учебной дисциплины и имеют целью проверить теоретические знания обучающихся, их навыки и умение применять полученные знания при решении практических задач. Экзамен проводится в объеме рабочей программы учебной дисциплины. В экзаменационный билет включены четыре теоретических вопроса из разных разделов программы.

Пример задания:

1. Методы наблюдения интерференции света. Расчет интерференционной картины от двух источников.
2. Фотоэффект и его виды. Законы Столетова. Уравнение Эйнштейна для внешнего фотоэффекта. Красная граница фотоэффекта. Многофотонный фотоэффект.
3. Применение лазеров в промышленности. Лазерные системы для изучения окружающей среды.
4. Построение волоконно-оптической системы передачи. Мультиплексирование.
5. При измерении угловой скорости лазерным гироскопом был использован гелий-

неоновый лазер ($\lambda = 0,633$ мкм), сторона резонатора составляла 10 см разность частот - 1,5 Гц. Определить угловую частоту.

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал научной литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.	Твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.	Имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.	Не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы.

7 Основная учебная литература

1. Трофимова Т. И. Курс физики : учебное пособие для инженерно-технических специальностей вузов / Т. И. Трофимова, 2008. - 557.

2. Игнатов А. Н. Оптоэлектроника и нанофотоника : учебное пособие по направлениям подготовки "Электроника и наноэлектроника" и "Телекоммуникации" / А. Н. Игнатов, 2017. - 538.

3. Леонова Н. В. Физические основы оптоэлектроники : курс лекций для специальностей 654200 "Радиотехника" / Н. В. Леонова, 2010. - 148.

4. Леонова Н. В. Физические основы оптоэлектроники : методические указания к лабораторным работам: по направлению 11.03.01 "Радиотехника": профиль подготовки: "Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов" / Н. В. Леонова, 2018. - 86.

5. Леонова Н. В. Физические основы оптоэлектроники : методические указания к практическим занятиям и СРС: по направлению 11.03.01 "Радиотехника": профиль подготовки: "Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов" / Н. В. Леонова, 2018. - 26.

6. Леонова Н. В. Физические основы оптоэлектроники : электронный курс / Н. В. Леонова, 2023

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Трофимова Т. И. Курс физики. Задачи и решения : учебное пособие для студентов вузов / Т. И. Трофимова, А. В. Фирсов, 2004. - 590, [1].

2. Трофимова Т. И. Курс физики. Задачи и решения : учебное пособие для вузов по техническим направлениям подготовки и специальностям / Т. И. Трофимова, А. В. Фирсов, 2009. - 590.

3. Трофимова Т. И. Курс физики : учебное пособие для инженерно-технических специальностей вузов / Т. И. Трофимова, 2014. - 557.

4. Трофимова Т. И. Краткий курс физики с примерами решения задач : учеб. пособие / Т. И. Трофимова, 2007. - 277.

5. Трофимова Т. И. Краткий курс физики с примерами решения задач : учебное пособие / Т. И. Трофимова, 2010. - 279.

6. Савельев Игорь Владимирович. Курс физики : учеб. для вузов. Т. 3. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц / Игорь Владимирович Савельев, 1989. - 301.

7. Савельев Игорь Владимирович. Курс физики : учеб. для вузов. Т. 2. Электричество. Колебания и волны. Волновая оптика / Игорь Владимирович Савельев, 1989. - 462.

8. Ермаков О. Н. Прикладная оптоэлектроника / О. Ермаков, 2004. - 414.

9. Ермаков. Оптоэлектроника Физические основы полупроводниковой оптоэлектроники. Когерентная оптоэлектроника, 2010. - 695.

9 Ресурсы сети Интернет

1. <http://library.istu.edu/>
2. <https://e.lanbook.com/>

10 Профессиональные базы данных

1. <http://new.fips.ru/>
2. <http://www1.fips.ru/>

11 Перечень информационных технологий, лицензионных и свободно распространяемых специализированных программных средств, информационных справочных систем

1. Microsoft Windows (XP Prof + Vista Bussines) rus VLK поставка 08_2007
2. Microsoft Office 2007 VLK (поставки 2007 и 2008)
3. PTC Mathcad University Edition_поставка 2014
4. MATLAB_поставка 2015

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Генератор Rigol DG2041A
2. Моноблок Mitac /USB 2.0 480Gb/s
3. Интерактивная система /ActivBoard
4. Цифровой запоминающий осциллограф Sefram 5164DC
5. лабораторный стенд для изучения оптоволоконных систем передачи данных KL-900D
6. лабораторный стенд для изучения оптоволоконных систем передачи данных KL-900D