

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»**

Радиофизический факультет

---

УТВЕРЖДЕНО

решением Ученого совета ННГУ

протокол № 8 от 24.09.2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Методы анализа радиотехнических цепей

---

Уровень высшего образования

Бакалавриат

---

Направление подготовки / специальность

03.03.03 - Радиофизика

---

Направленность образовательной программы

Радиофизика и электроника

---

Форма обучения

очная

---

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.01.06 Методы анализа радиотехнических цепей относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-1: Способен осваивать принципы работы и методы эксплуатации современной и перспективной радиоэлектронной, оптической и акустической аппаратуры	ПК-1.1: Применяет теоретические основы создания и принципы функционирования радиоэлектронной, оптической и акустической аппаратуры ПК-1.2: Осваивает новые технологии радиоэлектронной, оптической и акустической аппаратуры, используя специальную, научную и учебную литературу	ПК-1.1: Знать: основные методы исследования уравнений геометрической оптики для электромагнитного поля Уметь: использовать полученные знания при решении стандартных задач электродинамики  ПК-1.2: Знать: основные методы исследования уравнений геометрической оптики для электромагнитного поля Уметь: использовать полученные знания при решении стандартных задач электродинамики	Собеседование	Зачёт: Контрольные вопросы Тест
ПК-2: Способен осваивать и применять современные и перспективные методы проведения теоретических и экспериментальных исследований в области радиофизики	ПК-2.1: Анализирует современное состояние исследований в области физики и радиофизики, современные подходы к описанию и моделированию различных физических явлений и оценке полученных результатов ПК-2.2: Выбирает и применяет аналитические, аналитико-численные, экспериментальные методы исследования в соответствии с типом поставленной задачи	ПК-2.1: Знать: основные разделы геометрической оптики, а также существующие методы описания электромагнитного поля в рамках приближения геометрической оптики Уметь: самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии  ПК-2.2:	Тест	Зачёт: Контрольные вопросы Тест

	ПК-2.3: Анализирует полученные данные, формулирует выводы и рекомендации. в ходе планирования, подготовки, проведения НИР в области радиофизики	<p>Знать: основные разделы геометрической оптики, а также существующие методы описания электромагнитного поля в рамках приближения геометрической оптики</p> <p>Уметь: самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии</p> <p>ПК-2.3:</p> <p>Знать: основные разделы геометрической оптики, а также существующие методы описания электромагнитного поля в рамках приближения геометрической оптики</p> <p>Уметь: самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии</p>		
--	---	--	--	--

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	<b>2</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>72</b>
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	<b>0</b>
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	<b>32</b>
- КСР	<b>1</b>
<b>самостоятельная работа</b>	<b>39</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>0</b>
	<b>Зачёт</b>

#### 3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего	в том числе
--	-------	-------------

	(часы)	Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0
Тема 1. Введение	3	0	2	2	1
Тема 2. Основные законы и определения	14	0	6	6	8
Тема 3. Преобразования схем	14	0	6	6	8
Тема 4. Метод контурных токов	10	0	4	4	6
Тема 5. Метод уравнений в пространстве состояний	8	0	4	4	4
Тема 6. Метод узловых потенциалов	8	0	4	4	4
Тема 7. Использование преобразования Лапласа	7	0	3	3	4
Тема 8. Основы топологии электрических цепей	7	0	3	3	4
Аттестация	0				
КСР	1				1
Итого	72	0	32	33	39

### Содержание разделов и тем дисциплины

-

Практические занятия /лабораторные работы организуются, в том числе, в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

На проведение практических занятий / лабораторных работ в форме практической подготовки отводится: очная форма обучения - 4 ч.

#### 4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

##### 1. Виды самостоятельной работы:

- еженедельно к каждому практическому занятию студентам предлагается выполнить домашнее задание в виде вопросов и заданий.

##### 2. Порядок контроля выполнения самостоятельной работы:

- контроль выполнения домашнего задания проводится в рамках каждого практического занятия;

- в рамках каждого аудиторного занятия проводится контроль посещаемости;

- список вопросов для проведения промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины:

1. Геометрооптическое приближение для монохроматических полей в стационарных неоднородных средах. Переход от уравнения Гельмгольца к уравнениям ГО. Уравнение эйконала. Уравнение переноса для лучевой амплитуды. Переход от уравнений Максвелла к

уравнениям ГО. Вывод уравнений ГО из уравнений второго порядка для уравнений электромагнитных волн. Условия применимости ГО.

2. Исследование уравнений ГО для электромагнитного поля. Лучи и волновые фронты. Лучевой вектор. Плотность энергии и поток энергии в ГО. Простейшие решения эйконала – плоские однородные и неоднородные волны, цилиндрические, сферические волны. Комплексный эйконал и комплексный лучевой вектор. Сферические волны с центром в комплексной точке.
3. Интенсивность света. Лучевые трубки. Изменение интенсивности вдоль лучевых трубок. Изменение интенсивности света в однородной среде. Каустики. Изменение интенсивности света в неоднородной среде.
4. Изменение амплитуды и поляризации электромагнитных волн вдоль лучей. Геометрическая интерпретация уравнения для поляризации.
5. Дифференциальное уравнение второго порядка для лучей в неоднородной среде. Аналогия с механикой материальной точки. Пример: лучи в сферически симметричной неоднородной среде. Пример: распределение интенсивности в прозрачном диэлектрическом цилиндре.
6. Аналогия движения лучей в сферически симметричных средах с механикой материальной точки в центральном поле. Финитные и инфинитные траектории. Кривизна лучей.
7. Использование решения лучевых уравнений для определения изменения интенсивности вдоль лучей. Лемма Соболева и ее применение к лучевым уравнениям. Пример: изменение интенсивности в плоско- слоистой среде.
8. Лучи в линзоподобных (фокусирующих) средах. Идеальная фокусировка. Параксиальные лучи. Уравнение для параксиальных лучей.
9. Матричный метод описания лучей в центрированных оптических системах. Координаты луча. Лучевая матрица для параксиальных лучей. Матрицы перемещения и преломления лучей на плоских и сферических границах. Матрица преобразования для плоско-слоистой среды, толстой и тонкой линз. Матрица Фурье-преобразования и изменения масштаба. Пример: определение фокусного расстояния линзы в неоднородной среде.
10. Матричные тождества. Эквивалентные оптические системы. Свойства матриц преобразования лучей в центрированных и нецентрированных системах. Сопоставление матриц и оптических систем. Преобразование лучей зеркалами.
11. Матричное описание свойств оптической системы.
12. Периодические системы фокусирующих элементов. Собственные вектора и собственные значения матриц преобразования. Устойчивые и неустойчивые системы.
13. Линзовый волновод с одинаковыми и разными линзами. Диаграмма устойчивости.
14. Волновод с неэквидистантными линзами. Резонатор с промежуточной линзой. Диаграмма устойчивости.
15. Связь лучевого и волнового описаний в параксиальной квазиоптике. Лучевые матрицы и соответствующие им операторы преобразования волнового пучка.
16. Лучевой образ сферической волны. Преобразование матрицы сферической волны оптической системой.
17. Гауссов пучок – сферическая волна с комплексным центром. Лучевой образ гауссова пучка. Комплексная кривизна волнового фронта и ее связь с шириной и радиусом кривизны волнового фронта гауссова пучка. Расходимость гауссова пучка. Инвариант гауссова пучка.
18. Преобразование гауссова пучка периодической оптической системой. Пример: Гауссов пучок в двухзеркальном резонаторе.

## **5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)**

### **5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:**


#### **5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-1:**

Список вопросов для собеседования совпадает с контрольными вопросами

#### **Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)**

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне, выше предусмотренного программой ИЛИ Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично» ИЛИ Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо» ИЛИ Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо» ИЛИ Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо» ИЛИ Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

#### **5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ПК-2:**

<p>1. Согласно принципу Гюйгенса, каждая точка волновой поверхности <math>S</math> в момент времени <math>t</math>, до которой дошла волна, является источником, излучающим элементарную</p> 	<p>а) сферическую волну      в) гиперболическую волну б) цилиндрическую волну      г) плоскую волну</p>
<p>2. Метод физической оптики опирается на</p>	<p>а) Принцип Гюйгенса-Френеля      в) Принцип Френеля б) Электродинамический принцип Гюйгенса      г) Принцип Гюйгенса-Кирхгофа</p>
<p>3. В зависимости от параметра Френеля <math>p</math> различают 3 области дифракции (<math>\lambda</math> – длина волны, <math>a</math> – характерный размер апертуры, <math>z</math> – продольная координата): 1. Геометрооптическая область, или прожекторная <math>p \ll 1</math> 2. Область дифракции Френеля <math>p \sim 1</math> 3. Область дифракции Фраунгофера <math>p \gg 1</math> Здесь <math>p</math></p>	<p>а) <math>p = \frac{\sqrt{\lambda a}}{z}</math>      в) <math>p = \frac{a}{\sqrt{\lambda z}}</math> б) <math>p = \frac{\sqrt{za}}{\lambda}</math>      г) <math>p = \frac{\sqrt{\lambda z}}{a}</math></p>

### Критерии оценивания (оценочное средство - Тест)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне, выше предусмотренного программой ИЛИ Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично» ИЛИ Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо» ИЛИ Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо» ИЛИ Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо» ИЛИ Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

### 5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

#### Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

### Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой



	<b>отлично</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	<b>очень хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	<b>хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	<b>удовлетворительно</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
<b>не зачтено</b>	<b>неудовлетворительно</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	<b>плохо</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

### 5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

#### 5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-1

2. Исследование уравнений ГО для электромагнитного поля. Лучи и волновые фронты. Лучевой вектор. Плотность энергии и поток энергии в ГО. Простейшие решения эйконала – плоские однородные и неоднородные волны, цилиндрические, сферические волны. Комплексный эйконал и комплексный лучевой вектор. Сферические волны с центром в комплексной точке.

5. Дифференциальное уравнение второго порядка для лучей в неоднородной среде. Аналогия с механикой материальной точки. Пример: лучи в сферически симметричной неоднородной среде. Пример: распределение интенсивности в прозрачном диэлектрическом цилиндре.

6. Аналогия движения лучей в сферически симметричных средах с механикой материальной точки в центральном поле. Финитные и инфинитные траектории. Кривизна лучей.

7. Использование решения лучевых уравнений для определения изменения интенсивности вдоль лучей. Лемма Соболева и ее применение к лучевым уравнениям. Пример: изменение интенсивности в плоско-слоистой среде.

8. Матричный метод описания лучей в центрированных оптических системах. Координаты луча. Лучевая матрица для параксиальных лучей. Матрицы перемещения и преломления лучей на плоских и сферических границах. Матрица преобразования для плоско-слоистой среды, толстой и тонкой линз. Матрица Фурье-преобразования и изменения масштаба. Пример: определение фокусного расстояния линзы в неоднородной среде.

9. Линзовый волновод с одинаковыми и разными линзами. Диаграмма устойчивости.

10. Волновод с неэквидистантными линзами. Резонатор с промежуточной линзой. Диаграмма устойчивости.

11. Связь лучевого и волнового описаний в параксиальной квазиоптике. Лучевые матрицы и соответствующие им операторы преобразования волнового пучка.

12. Преобразование гауссова пучка периодической оптической системой. Пример: Гауссов пучок в двухзеркальном резонаторе.

### **5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-2**

1. Геометрооптическое приближение для монохроматических полей в стационарных неоднородных средах. Переход от уравнения Гельмгольца к уравнениям ГО. Уравнение эйконала. Уравнение переноса для лучевой амплитуды. Переход от уравнений Максвелла к уравнениям ГО. Вывод уравнений ГО из уравнений второго порядка для уравнений электромагнитных волн. Условия применимости ГО.

2. Интенсивность света. Лучевые трубки. Изменение интенсивности вдоль лучевых трубок. Изменение интенсивности света в однородной среде. Каустики. Изменение интенсивности света в неоднородной среде.

3. Изменение амплитуды и поляризации электромагнитных волн вдоль лучей. Геометрическая интерпретация уравнения для поляризации.

4. Лучи в линзоподобных (фокусирующих) средах. Идеальная фокусировка. Параксиальные лучи. Уравнение для параксиальных лучей.

5. Матричные тождества. Эквивалентные оптические системы. Свойства матриц преобразования лучей в центрированных и нецентрированных системах. Сопоставление матриц и оптических систем. Преобразование лучей зеркалами.

6. Матричное описание свойств оптической системы.

7. Периодические системы фокусирующих элементов. Собственные вектора и собственные значения матриц преобразования. Устойчивые и неустойчивые системы.

8. Лучевой образ сферической волны. Преобразование матрицы сферической волны оптической системой.

9. Гауссов пучок – сферическая волна с комплексным центром. Лучевой образ гауссова пучка. Комплексная кривизна волнового фронта и ее связь с шириной и радиусом кривизны волнового фронта гауссова пучка. Расходимость гауссова пучка. Инвариант гауссова пучка.

### **Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)**

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне, выше предусмотренного программой ИЛИ Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна

Оценка	Критерии оценивания
	компетенция сформирована на уровне «отлично» ИЛИ Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо» ИЛИ Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо» ИЛИ Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо» ИЛИ Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

### 5.3.3 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ПК-1

Матрица перемещения луча  $\hat{G}$  имеет вид:

$$1. \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ \frac{L}{n} & -1 \end{pmatrix} \qquad 3. \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ \frac{L}{n} & 1 \end{pmatrix}$$

$$2. \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ Ln & 1 \end{pmatrix} \qquad 4. \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ \frac{L}{n} & 0 \end{pmatrix}$$

2. Матрица преобразования Фурье:

$$1. \hat{\Phi}_a = \hat{T}_a^{-1} \hat{G}_a \hat{T}_a^{-1} \qquad 3. \hat{\Phi}_a = \hat{T}_{f_a}^1 \hat{G}_a \hat{T}_{f_a}^1$$

$$2. \hat{\Phi}_a = \hat{T}_{-a} \hat{G}_a \hat{T}_{-a} \qquad 4. \hat{\Phi}_a = \hat{T}_{-a} \hat{G}_a \hat{T}_a$$

3. Свойства матриц преобразования:

$$1. \hat{G}_a \cdot \hat{G}_b = \hat{G}_{a/b} \qquad 3. \hat{T}_a \cdot \hat{T}_b = \hat{T}_{a+b}^{-1}$$

$$2. \hat{\Phi}_a \cdot \hat{\Phi}_b = \hat{A}_{-b/a} \qquad 4. \hat{\Phi}_a = \hat{T}_{-a} \hat{G}_a \hat{T}_a$$

4. В неоднородной среде луч:

1. Искривляется в сторону уменьшения  $n$ .
2. Искривляется в сторону увеличения  $n$ .
3. Идет параллельно  $\nabla n$ .
4. Идет вдоль поверхности  $n=\text{const}$ .

5. Однородный прозрачный цилиндр радиуса  $R$  с коэффициентом преломления  $n$  помещен в изотропное (приходящее со всех направлений) световое поле. Освещенность внутри цилиндра будет:

1. Равномерной
2. Больше в центре
3. Больше по краям
4. Однородной в круге радиуса  $R/n$ .

6. Связь полей на входе и выходе линзы с фокусным расстоянием  $F$ :

$$\psi_{\text{вых}} = \hat{T}_b \psi_{\text{вх}}, \quad b = \frac{n}{F}, \quad \text{где}$$

$$1. \hat{T}_b = \exp\left(i \frac{k_0 b \vec{r}_\perp^2}{2}\right) \qquad 3. \hat{T}_b = \exp\left(i \frac{k_0 \vec{r}_\perp^2}{2b}\right)$$

$$2. \hat{T}_b = \exp\left(-i \frac{k_0 b \vec{r}_\perp^2}{2}\right) \qquad 4. \hat{T}_b = \exp\left(-i \frac{k_0 \vec{r}_\perp^2}{2b}\right)$$

7. В однородной среде ( $\varepsilon, \mu = \text{const}$ ) интенсивность вдоль луча меняется по закону:

$$1. I = \text{const} \qquad 3. I = \text{const} \cdot R_1 R_2$$

$$2. I = \frac{\text{const}}{R_1 R_2} \qquad 4. I = \text{const} \cdot \frac{R_1}{R_2}$$

где  $R_1, R_2$  – главные радиусы кривизны волновой поверхности

8. Интенсивность света вдоль луча  $\vec{s}$  меняется по закону:

$$1. I = I_0 \exp(-ks) \qquad 3. I = (nI_0) \exp\left(-\frac{1}{n} \int_{s_0}^s \Delta\varphi ds\right)$$

$$2. I = (nI_0) \exp\left(-\int_{s_0}^s \Delta\varphi ds\right) \qquad 4. I = n\left(\frac{I}{n}\right)_0 \exp\left(-\int_{s_0}^s \frac{\Delta\varphi}{n} ds\right)$$

9. Интенсивностью света называется:

1.  $|\vec{E}|^2$
3.  $\frac{\varepsilon|\vec{E}|^2}{16\pi} + \frac{\mu|\vec{H}|^2}{16\pi}$
2.  $|\vec{H}|^2$
4.  $\frac{c}{n} \frac{\varepsilon|\vec{E}|^2}{8\pi}$
5. Ни одна из указанных величин.

10. Интенсивностью света  $I$  называется:

1. Вектор Пойнтинга  $\vec{P}$
2. Плотность эл. м. энергии  $W_{em}$
3. Модуль среднего по времени потока энергии  $|\vec{P}|^T$
4. Ни одна из указанных величин.

11. Для интенсивности света  $I$  справедливо уравнение:

1.  $rot(I\vec{s}) = 0$
3.  $rot(I\nabla\varphi) = 0$
2.  $div(I\vec{s}) = 0$
4.  $div(I\nabla\varphi) = 0$

12. Дифференциальным уравнением световых лучей является:

1.  $\frac{d^2\vec{r}}{d\tau^2} = \frac{1}{2}\nabla n^2$ , где  $\tau = \int \frac{ds}{n}$
3.  $\frac{d^2\vec{r}}{d\tau^2} = \frac{1}{2}\nabla n$ , где  $\tau = \int \frac{ds}{n}$
2.  $\frac{d^2\vec{r}}{d\tau^2} = \frac{1}{2}\nabla n^2$ , где  $\tau = \int n ds$
4.  $\frac{d^2\vec{r}}{d\tau^2} = \nabla n$ , где  $\tau = \int n ds$

13. Траектории лучей определяются через эйконал  $\varphi$  и коэффициент преломления среды  $n$  уравнениями:

1.  $n \frac{d^2\vec{r}}{ds^2} = \nabla\varphi$ ,  $\frac{d\vec{r}}{ds} = \nabla n^2$
3.  $n \frac{d\vec{r}}{ds} = \nabla\varphi$ ,  $\frac{d}{ds}\left(n \frac{d\vec{r}}{ds}\right) = \nabla n$
2.  $n \frac{d\vec{r}}{ds} = \nabla\varphi$ ,  $n \frac{d^2\vec{r}}{ds^2} = \nabla n^2$
4.  $n \frac{d^2\vec{r}}{ds^2} = \nabla\varphi$ ,  $\frac{d\vec{r}}{ds} = \frac{\nabla n}{n}$

14. Условие устойчивости луча в некоторой периодической системе с матрицей преобразования на одном периоде  $\hat{S}$ :

1.  $\left|\frac{1}{2}Sp\hat{S}\right| > 1$
3.  $Sp\hat{S} < 0$
2.  $\left|\frac{1}{2}Sp\hat{S}\right| < 1$
4.  $\left|\frac{1}{2}Sp\hat{S}\right| = 1$

**5.3.4 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ПК-2**

1. Граничное условие для лучей на границе раздела двух сред:

$$\begin{aligned} 1. (\vec{n}_{12}, n_2 \vec{s}_{21} - n_1 \vec{s}_{11}) &= 0 & 3. [\vec{n}_{12}, n_2 \vec{s}_2 - n_1 \vec{s}_1] &= 0 \\ 2. [\vec{n}_{12}, n_2 \vec{s}_{2\perp} - n_1 \vec{s}_{1\perp}] &= 0 & 4. (\vec{n}_{12}, n_2 \vec{s}_{2\perp} - n_1 \vec{s}_{1\perp}) &= 0 \end{aligned}$$

2. Координаты лучей, используемые в матричном методе:

$$\begin{aligned} 1. (\vec{r}_\perp, \vec{s}) & & 3. (\vec{r}_\parallel, \vec{s}) \\ 2. (\vec{r}_\perp, n \vec{s}_\perp) & & 4. (\vec{r}_\perp, n \vec{s}_\parallel) \end{aligned}$$

3. Условие параксиальности лучей в оптических системах:

$$\begin{aligned} 1. |\vec{s}_\perp| \ll 1 & & 3. |n \vec{s}_\perp| \ll 1 \\ 2. |\vec{s}_\parallel| \ll 1 & & 4. |n \vec{s}_\parallel| \ll 1 \end{aligned}$$

4. Лучевой вектор  $\vec{s}$  определяется уравнением:

$$\begin{aligned} 1. \nabla \varphi &= n \vec{s} & 3. \Delta \varphi &= \vec{s} n \\ 2. \nabla \varphi &= \vec{s} n^2 & 4. n \nabla \varphi &= \vec{s} \end{aligned}$$

5. Направление лучей определяется вектором  $\vec{s}$ , удовлетворяющим уравнениям:

$$\begin{aligned} 1. (\vec{s} \cdot \vec{s}) &= 1, \vec{s} \nabla n = 0 & 3. (\vec{s} \cdot \vec{s}) &= 1, \vec{s} n = \nabla \varphi \\ 2. (\vec{s} \cdot \vec{s}) &= n^2, \vec{s} n = \nabla \varphi & 4. (\vec{s} \cdot \vec{s}) &= n^2, \vec{s} \nabla \varphi = 0 \end{aligned}$$

6. Уравнение эйконала имеет вид:

$$\begin{aligned} 1. \nabla \varphi &= 0 & 3. (\nabla \varphi)^2 &= n^2 \\ 2. \nabla \varphi &= n & 4. \Delta \varphi &= n^2 \end{aligned}$$

7. Матрица преломления лучей тонкой линзой с фокусным расстоянием  $F$  имеет вид:

$$\begin{aligned} 1. \begin{pmatrix} 1 & -\frac{n}{F} \\ 0 & -1 \end{pmatrix} & & 3. \begin{pmatrix} 1 & \frac{n}{F} \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \\ 2. \begin{pmatrix} 1 & -\frac{n}{F} \\ 0 & 1 \end{pmatrix} & & 4. \begin{pmatrix} 1 & \frac{F}{n} \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \end{aligned}$$

## Критерии оценивания (оценочное средство - Тест)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне, выше предусмотренного программой ИЛИ Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично» ИЛИ Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо» ИЛИ Все компетенции (части компетенций), на формирование которых

Оценка	Критерии оценивания
	направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо» ИЛИ Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо» ИЛИ Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Атабеков Г. И. Основы теории цепей : учебник для вузов / Атабеков Г. И. - 8-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2024. - 424 с. - Книга из коллекции Лань - Инженерно-технические науки. - ISBN 978-5-507-47753-1., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=898875&idb=0>.
2. Белецкий А. Ф. Теория линейных электрических цепей / Белецкий А. Ф. - 3-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 544 с. - Книга из коллекции Лань - Инженерно-технические науки. - ISBN 978-5-8114-0905-1., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=799486&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Атабеков Г. И. Теоретические основы электротехники. Линейные электрические цепи : учебное пособие для вузов / Атабеков Г. И. - 11-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2024. - 592 с. - Книга из коллекции Лань - Инженерно-технические науки. - ISBN 978-5-507-49672-3., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=895583&idb=0>.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

-

## 7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки/специальности 03.03.03 - Радиофизика.

Автор(ы): Савельев Дмитрий Валерьевич, кандидат физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Фитасов Евгений Сергеевич, доктор технических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 18 декабря 2023 г., протокол № 09/23.