

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  
президиумом  
Ученого совета ННГУ  
протокол от  
«14» декабря 2021 г. № 4

## **Рабочая программа дисциплины**

**«Асимптотические методы в электродинамике»**

---

Уровень высшего образования  
бакалавриат

---

Направление подготовки / специальность  
03.03.03 «Радиофизика»

---

Направленность образовательной программы  
«Радиофизика и электроника»

---

Квалификация (степень)  
бакалавр

---

Форма обучения  
очная

---

Нижний Новгород

2022

## 1. Место и цели дисциплины (модуля) в структуре ОПОП

Дисциплина «Асимптотические методы в электродинамике» относится к дисциплинам по выбору вариативной части профессионального цикла образовательной программы по направлению подготовки 03.03.03 «Радиофизика».

Дисциплина изучается на третьем курсе бакалавриата, в 6-ом семестре. Программа лекционного курса опирается на знания, которые студенты должны иметь в результате изучения модулей «Общая физика» (дисциплин «Механика», «Молекулярная физика», «Электричество и магнетизм», «Оптика») и «Математика» (дисциплин «Математический анализ», «Дифференциальные и интегральные уравнения», «Аналитическая геометрия», «Векторный и тензорный анализ»), модуля «Методы математической физики» из базовой части математического и естественно-научного цикла, а также дисциплин «Электродинамика» и «Прикладная электродинамика» из базовой части профессионального цикла.

**Целью освоения дисциплины «Асимптотические методы в электродинамике»** является усвоение студентами современных методов исследования электромагнитных полей в области достаточно высоких частот, когда размеры области, занятой полем, существенно превышает длину волны.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции (код компетенции, уровень освоения – при наличии в карте компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций
<i>ОПК-2</i> способность самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии (этап освоения – базовый)	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

<p><i>ПК-1</i></p> <p>способность понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования</p> <p>(этап освоения – базовый)</p>	<p>Знать: основные методы исследования уравнений геометрической оптики для электромагнитного поля</p> <p>Уметь: использовать полученные знания при решении стандартных задач электродинамики</p>
---	--

### 3. Структура и содержание дисциплины «Асимптотические методы в электродинамике»

Объем дисциплины составляет 3 зачетные единицы, всего 108 часов, из которых 33 часа составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (32 часа – практические занятия, в том числе 1 час – мероприятия текущего контроля успеваемости, и 1 час – мероприятия промежуточной аттестации), 75 часов составляет самостоятельная работа обучающегося.

#### Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),  форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)			В том числе													
				Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них									Самостоятельная работа обучающегося, часы				
	Занятия лекционного типа			Занятия семинарского типа			Занятия лабораторного типа			Всего							
Очное	Очно-заочное	Заочное	Очное	Очно-заочное	Заочное	Очное	Очно-заочное	Заочное	Очное	Очно-заочное	Заочное	Очное	Очно-заочное	Заочное	Очное	Очно-заочное	Заочное
Введение	5						2					2			3		
Уравнения ГО для электромагнитно го поля	18						6					6			12		
Исследование уравнений ГО для электромагнитно го поля	18						6					6			12		
Матричный метод описания	18						4					4			14		

лучей в центрированных оптических системах																		
Периодическая система фокусирующих элементов	12						4						4				8	
Связь лучевого и волнового описаний в параксиальной квазиоптике	18						4						4				14	
Гауссовы пучки	10						4						4				6	
Обобщение лучевого описания на комплексные матрицы	8						2						2				6	
В т.ч.текущий контроль	1						1						1				-	
Промежуточная аттестация - <b>Зачет</b>																		

## Содержание разделов дисциплины

### **Раздел 1. Введение**

- 1.1. Внутренний и внешний пространственные масштабы в случае уравнения Гельмгольца. Область коротковолновой асимптотики. Квазимонохроматические поля.
- 1.2. Основные сведения из общего курса электродинамики.

### **Раздел 2. Уравнения ГО для электромагнитного поля**

- 2.1. Геометрооптическое приближение для монохроматических полей в стационарных неоднородных средах.
- 2.2. Переход от уравнения Гельмгольца к уравнениям ГО. Понятие асимптотического разложения. Уравнение эйконала. Уравнение переноса для лучевой амплитуды. Переход от уравнений Максвелла к уравнениям ГО.
- 2.3. Вывод уравнений ГО из уравнений второго порядка для уравнений электромагнитных волн.
- 2.4. Условия применимости ГО.

### **Раздел 3. Исследование уравнений ГО для электромагнитного поля**

- 3.1. Лучи и волновые фронты. Лучевой вектор. Оптическая длина пути. Принцип Ферма. Плотность энергии и поток энергии в ГО. Простейшие решения уравнения эйконала — плоские однородные и неоднородные волны, цилиндрические, сферические волны. Комплексный эйконал и комплексный лучевой вектор. Сферические волны с центром в комплексной точке.
- 3.2. Интенсивность света. Лучевые трубки. Изменение интенсивности вдоль лучевых трубок. Изменение интенсивности света в однородной среде. Каустики. Изменение интенсивности света в неоднородной среде. Изменение амплитуды и поляризации электромагнитных волн вдоль лучей. Геометрическая интерпретация уравнения для поляризации.
- 3.3. Уравнение эйконала в полярных координатах в однородной и радиально- неоднородной средах. Связь с решениями уравнения эйконала для плоскостной среды. ГО на сфере. Применение конформных преобразований к геометрооптическим решениям на плоскости.
- 3.4. Дифференциальное уравнение второго порядка для лучей в неоднородной среде.

Аналогия с механикой материальной точки. Пример: лучи в сферически симметричной неоднородной среде. Формула Бугера. Пример: распределение интенсивности в прозрачном диэлектрическом цилиндре. Аналогия движения лучей в сферически симметричных средах с механикой материальной точки в центральном поле. Фinitные и инфinitные траектории. Кривизна лучей.

3.5. 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.

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

#### **Раздел 4. Матричный метод описания лучей в центрированных оптических системах**

4.1. Координаты луча. Лучевая матрица для параксиальных лучей. Матрицы перемещения и преломления лучей на плоской и сферической границах. Матрица преобразования для плоскослоистой среды, толстой и тонкой линз. Матрица Фурье-преобразования и изменения масштаба. Пример: определение фокусного расстояния линзы в неоднородной среде. Матричные тождества. Эквивалентные оптические системы.

4.2. Свойства матриц преобразования лучей в центрированных и нецентрированных системах. Сопоставление матриц и оптических систем. Преобразование лучей зеркалами.

4.3. Матричное описание свойств оптической системы. Матрицы преобразования лучей в фокальной плоскости оптической системы, между сопряженными, главными плоскостями, преобразование телескопической системой. Влияние на оптическую систему ограничивающих диафрагм. Свойства линзового преобразования лучей.

#### **Раздел 5. Периодическая система фокусирующих элементов**

5.1. Собственные вектора и собственные значения матриц преобразования. Устойчивые и неустойчивые системы.

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

5.3. Волновод с неэквидистантными линзами.

5.4. Резонатор с промежуточной линзой. Диаграмма устойчивости.

#### **Раздел 6. Связь лучевого и волнового описаний в параксиальной квазиоптике**

Лучевые матрицы и соответствующие им операторы преобразования волнового пучка.

#### **Раздел 7. Гауссовы пучки**

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

7.2. 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.

7.3. Преобразование гауссова пучка периодической оптической системой. Пример: гауссов пучок в двухзеркальном резонаторе.

#### **Раздел 8. Обобщение лучевого описания на комплексные матрицы**

8.1. Линзоподобная среда с поглощением, диафрагменный волновод.

8.2. Общая классификация резонаторов по свойствам их лучевых матриц.

#### **4. Образовательные технологии**

Для реализации компетентностного подхода и стимулирования самостоятельной работы обучающихся предусмотрено проведение интерактивных форм занятий в виде семинаров по современным проблемам радиофизики в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

## 5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

### 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.

## 6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине

6.1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования.

ОПК-2: способность самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии (этап освоения – базовый)

Индикаторы компетенции	ОЦЕНКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
Знание основных разделов геометрической оптики, а также существующих методов описания электромагнитного поля в	Отсутствие знаний теоретического материала.  Невозможность оценить полноту знаний вследствие	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, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.

рамках приближения геометрической оптики	е отказа обучающегося от ответа						
Умение самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии	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 несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения,. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий	0 – 20 %	20 – 50 %	50 – 70 %	70-80 %	80 – 90 %	90 – 99 %	100%

#### ПК-1

способность понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования (этап освоения – базовый)

Индикаторы компетенции	ОЦЕНКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
Знание основных методов исследования уравнений геометрической оптики для электромагнитного поля	Отсутствие знаний теоретического материала.  Невозможность оценить полноту	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	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовк



	знаний вследствие отказа обучающегося от ответа			ошибок	ошибок		и.
Умение использовать полученные знания при решении стандартных задач электродинамики	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 несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий	0 – 20 %	20 – 50 %	50 – 70 %	70-80 %	80 – 90 %	90 – 99 %	100%

## 6.2. Описание шкал оценивания.

Для оценки результатов обучения студентов применяется двузначная шкала оценивания, которая имеет следующие значения: зачет, не зачет.

6.3. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), характеризующих этапы формирования компетенций:

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используется индивидуальное собеседование по двум теоретическим вопросам билета, в которых обучающемуся предлагается изложить части из двух разделов содержания дисциплины. Для оценивания результатов обучения в виде умений используется тестирование из 5 заданий.

6.4. Типовые контрольные задания для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенций:

*Пример экзаменационного билета:*

Вопрос 1. Геометрооптическое приближение для монохроматических полей в стационарных неоднородных средах. Переход от уравнения Гельмгольца к уравнениям ГО. Уравнение эйконала.

Вопрос 2. Лучи в линзоподобных (фокусирующих) средах. Идеальная фокусировка. Параксиальные лучи. Уравнение для параксиальных лучей.

Тест: В каждом из предлагаемых ниже заданий выберите один (правильный по Вашему мнению) ответ из предлагаемых Вам вариантов.

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

- |  |  |
|--|--|
| 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. $(\vec{n}_{12}, n_2 \vec{s}_{2\perp} - n_1 \vec{s}_{1\perp}) = 0$ |

2. Координаты лучей, используемые в матричном методе:

- |                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| 1. $(\vec{r}_\perp, \vec{s})$         | 3. $(\vec{r}_\parallel, \vec{s})$         |
| 2. $(\vec{r}_\perp, n \vec{s}_\perp)$ | 4. $(\vec{r}_\perp, n \vec{s}_\parallel)$ |

3. Условие параксиальности лучей в оптических системах:

- |                                |                                  |
|--------------------------------|----------------------------------|
| 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$ |

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

- |                                   |                                 |
|-----------------------------------|---------------------------------|
| 1. $\nabla \varphi = n \vec{s}$   | 3. $\Delta \varphi = \vec{s} n$ |
| 2. $\nabla \varphi = \vec{s} n^2$ | 4. $n \nabla \varphi = \vec{s}$ |

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

- |  |  |
|--|--|
| 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. $(\vec{s} \cdot \vec{s}) = n^2, \vec{s} \nabla \varphi = 0$ |

6.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания.

1. Болховская О.В., Горбунов А.А., Грибова Е.З., Грязнова И.Ю., Калинин А.В., Канаков О.И., Корчагин А.Б., Мануилов В.Н., Миловский Н.Д., Павлов И.С., Савикин А.П. Методические материалы по определению процедур оценивания сформированности компетенций: Учебно-методическое пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2022. – 26 с. [Электронный ресурс]. URL: [http://www.unn.ru/books/met\\_files/met\\_mat\\_Mil.pdf](http://www.unn.ru/books/met_files/met_mat_Mil.pdf).

2. Петрова И.Э., Орлов А.В. Оценка сформированности компетенций. Учебно-методическое пособие. Нижний Новгород: ННГУ, 2016. 48 с.

**7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Асимптотические методы в электродинамике».**

а) основная литература:

1. Виноградова М. Б., Руденко О. В., Сухоруков А. П., и др. - Теория волн: учеб. пособие для физ. специальностей вузов. - М.: Наука, 1990. - 432 с.
2. Маркузе Д. - Оптические волноводы: пер. с англ. - М.: Мир, 1974. - 576 с.
3. Вайнштейн Л. А. - Электромагнитные волны. - М.: Радио и связь, 1988. - 440 с.
4. Ваганов Р. Б., Каценеленбаум Б. З. - Основы теории дифракции. - М.: Наука, 1982. - 272 с.

б) дополнительная литература:

1. Бабич В. М., Булдырев В. С. - Асимптотические методы в задачах дифракции коротких волн. Метод эталонных задач. - М.: Наука, 1972. - 456 с.
2. Джеррард А., Берч Дж. М - Введение в матричную оптику. - М.: Мир, 1978. - 341 с.
3. Кравцов Ю. А., Орлов Ю. И. - Геометрическая оптика неоднородных сред. - М.: Наука, 1980. - 304 с.
4. Власов С. Н., Таланов В. И. - Самофокусировка волн. - Н. Новгород: Изд-во Ин-та приклад. физики РАН, 1997. - 220 с.
5. Ананьев Ю. А. - Оптические резонаторы и проблема расходимости лазерного излучения. - М.: Наука, 1979. - 328 с.
6. Vlasov S. N., Talanov V. I. The parabolic equation in the theory of wave propagation //Radiophysics and quantum electronics. – 1995. – Т. 38. – №. 1. – С. 1-12. DOI: 10.1007/BF01051853.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

1. Microsoft Office (номера лицензий: 62421356 (12 шт.), 62421349);
2. Электронно-библиотечные системы (электронная библиотека):  
<http://e.lanbook.com/>;  
<http://www.biblioclub.ru>.

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Для обучения дисциплине имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления информации большой аудитории, компьютерным оборудованием. Для проведения занятий лекционного типа предлагаются наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, обеспечивающие тематические иллюстрации, соответствующие программе дисциплины.

Программа составлена в соответствии с Федеральным Государственным Образовательным Стандартом Высшего Профессионального Образования с учетом

рекомендаций и ОПОП ВПО по направлению подготовки 03.03.03 «Радиофизика»,  
квалификация - бакалавр.

Автор программы \_\_\_\_\_ Мартынова О.В.

Рецензент \_\_\_\_\_ Гавриленко В.Г.

Заведующий кафедрой, проф. \_\_\_\_\_ Кудрин А.В.

Программа одобрена на заседании методической комиссии радиофизического факультета от  
«09» декабря 2021 года, протокол № 07/21.