

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 президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Квазиоптика

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.02.01 Квазиоптика 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 квазиоптики для электромагнитного поля Уметь: использовать полученные знания при решении стандартных задач электродинамики ПК-1.2: Знать: основные методы исследования уравнений квазиоптики для электромагнитного поля Уметь: самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии	Тест	Зачёт: Контрольные вопросы Задания
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	ПК-2.1: Знать: основные разделы квазиоптики, а также существующие методы описания электромагнитного поля в рамках приближения квазиоптики Уметь: самостоятельно выбирать наиболее эффективный метод исследования для решения конкретных задач профессиональной деятельности	Тест	Зачёт: Контрольные вопросы Задания

	<p>поставленной задачи</p> <p>ПК-2.3: Анализирует полученные данные, формулирует выводы и рекомендации. в ходе планирования, подготовки, проведения НИР в области радиофизики</p>	<p>ПК-2.2:</p> <p>Знать: основные аналитические, аналитико-численные, экспериментальные методы исследования в приближении квазиоптики</p> <p>Уметь: анализировать физические аспекты теории и возможности ее использования в рамках методов квазиоптики</p> <p>Владеть: навыками моделирования различных явлений в области физики и радиофизики</p> <p>ПК-2.3:</p> <p>Знать: современные подходы к оценке полученных результатов в области своей профессиональной деятельности</p> <p>Уметь: анализировать полученные данные, формулировать выводы и рекомендации по отдельным разделам тем в области физики и радиофизики</p> <p>Владеть: навыками оценки полученных результатов и формулировки выводов для выполненной научно-исследовательской задачи</p>		
--	---	--	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

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

Промежуточная аттестация	0 Зачёт
--------------------------	------------

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 (часы)	в том числе			
		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
Введение	5		2	2	3
Интегральный подход к описанию полей дифракционных излучателей	16		8	8	8
Метод параболического уравнения (ПУ)	16		8	8	8
Квазиоптические волноводы и резонаторы	18		8	8	10
Некоторые задачи теории распространения волн в нелинейных средах	16		6	6	10
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	72	0	32	33	39

Содержание разделов и тем дисциплины

Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Интегральный подход к описанию полей дифракционных излучателей

- 1.1. Неприменимость ГО в окрестности каустик, фокальных точек, в области полутени и т.п.
- 1.2. Интегральный подход к описанию полей дифракционных излучателей. Дифракционная формула Френеля.
- 1.3. Метод стационарной фазы.
- 1.4. Поле в окрестности каустики. Функция Эйри и ее применение к описанию полей вблизи каустики.

Раздел 2. Метод параболического уравнения (ПУ)

- 2.1. Дифференциальный подход к описанию полей дифракционных излучателей (метод параболического уравнения).
- 2.2. Параболическое уравнение (ПУ) для полей в слабо неоднородных средах. 2.3. Условия применимости ПУ.
- 2.4. Описание параболическим уравнением сильно расходящихся пучков и поля в окрестности каустик.
- 2.5. Роль дисперсионных уравнений в построении квазиоптического приближения.
- 2.6. ПУ для квазимонохроматических пакетов в неоднородных средах.
- 2.7. Волновые пучки в линзоподобной среде, структура их полей, вырождение типов волн. Связь

волновых решений с геометрической оптикой.

2.8. Пульсирующие пучки в линзоподобной среде.

2.9. Автомодельные решения параболического уравнения для линзоподобной среды.

Раздел 3. Квазиоптические волноводы и резонаторы

3.1. Неприменимость традиционных волновых и колебательных систем СВЧ-диапазона в области очень коротких длин волн. Сгущение спектра в сверхразмерных волноводах и резонаторах.

3.2. Физические принципы удержания полей и разрежения их спектров в открытых системах.

3.3. Волноводный и пучковый подходы к описанию открытых систем. Резонаторы с плоскими зеркалами.

3.4. Селекция колебаний по поперечным и продольным индексам. Методы селекции продольных колебаний.

3.5. Резонаторы с недифрагмированными сферическими зеркалами. Интегральное уравнение для полей, структуры типов колебаний. Расходимость излучения, выходящего из двухзеркального резонатора.

3.6. Основные свойства открытых резонаторов со сферическими дифрагмированными зеркалами. Эквивалентные резонаторы. Неустойчивые резонаторы.

Раздел 4. Некоторые задачи теории распространения волн в нелинейных средах

4.1. Теория самофокусировки волн как пример квазиоптического подхода. Описание нелинейных свойств среды. Механизмы нелинейности сред. Описание волн с эллиптической поляризацией.

Уравнение для амплитуды и фазы пучка в неоднородной среде. Лучевое уравнение в квазиоптике.

4.2. Необходимое условие самофокусировки волн. Критическая мощность самофокусировки.

Однородные волновые пучки и пакеты в нелинейной среде. Самофокусировка гауссовых пучков. Длина самофокусировки. Многофокусная картина.

4.3. Неустойчивость плоских волн в нелинейной среде. Достаточный критерий самофокусировки стационарных пучков.

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.

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.

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 - Тест) для оценки сформированности компетенции ПК-1:

1. Расходимость пучка газового лазера с увеличением кривизны зеркал резонатора:

1) Растет. 2) Уменьшается. 3) Сначала уменьшается, потом растет.

2. Интенсивность плоской волны в области каустики:

1) Резко возрастает. 2) Равна нулю. 3) Не изменяется.

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

3. Соотношение радиусов кривизны зеркал R_1 , R_2 и оптической длины резонатора L для обеспечения устойчивости должно удовлетворять следующему соотношению:

1) $g_1 \cdot g_2 = 0$. 2) $0 \leq g_1 \cdot g_2 < 1$. 3) $g_1 \cdot g_2 > 1$.

Обозначения: $g_{1,2} = 1 - L/R_{1,2}$ – параметр фокусировки.

Критерии оценивания (оценочное средство - Тест)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Минимально допустимый уровень знаний и выше. Допущенные ошибки не являлись грубыми. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи, возможны негрубые ошибки. Выполнены все задания.
не зачтено	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.

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	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.

					ошибок		
<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	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельным и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы 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	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован 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
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	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	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	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

Вопрос 1. Интегральный подход к описанию полей дифракционных излучателей. Дифракционная формула Френеля.

Вопрос 2. Метод стационарной фазы. Поле в окрестности каустики. Функция Эйри и ее применение к описанию полей вблизи каустики.

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

Вопрос 1. Резонаторы с недиафрагмированными сферическими зеркалами. Интегральное уравнение для полей, структуры типов колебаний.

Вопрос 2. Основные свойства открытых резонаторов со сферическими диафрагмированными зеркалами. Эквивалентные резонаторы. Неустойчивые резонаторы.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Минимально допустимый уровень знаний и выше. Допущенные ошибки не являлись грубыми. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи, возможны негрубые ошибки. Выполнены все задания.
не зачтено	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.

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

Задание 1. Нарисовать структуры полей типов TEM_{00} , TEM_{10} , TEM_{20} на круговых зеркалах открытого резонатора.

Задание 2. Каким образом в открытом резонаторе осуществляется селекция типов колебаний по поперечным индексам?

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

Задание 1. С чем связана возможность наличия пульсирующих пучков в линзоподобной среде?

Задание 2. Записать условие удержания одного типа волны в диэлектрическом волноводе.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Минимально допустимый уровень знаний и выше. Допущенные ошибки не являлись грубыми. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи, возможны негрубые ошибки. Выполнены все задания.
не зачтено	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.

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

Основная литература:

1. Виноградова Марианна Брониславовна. Теория волн : [учеб. пособие для физ. специальностей ун-тов] . - М. : Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1979. - 383 с. : ил. - 1.10., 145 экз.
2. Маркузе Д. Оптические волноводы : пер. с англ. / под ред. [и с предисл.] В. В. Шевченко. - М. : Мир, 1974. - 576 с. : черт. - 3.03., 3 экз.
3. Вайнштейн Лев Альбертович. Электромагнитные волны. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Радио и связь, 1988. - 440 с. : ил. - ISBN 5-256-00064-0 (в пер.) : 2.90., 225 экз.
4. Ваганов Рюальд Борисович. Основы теории дифракции / АН СССР, Моск. физ. -техн. ин-т. - М. : Наука, 1982. - 272 с. : ил. - (Современные физико-технические проблемы). - 2.50., 20 экз.

Дополнительная литература:

1. Бабич Василий Михайлович. Асимптотические методы в задачах дифракции коротких волн. Метод эталонных задач. - М. : Наука, 1972. - 456 с. : черт. - 1.96., 3 экз.
2. Джеррард А. Введение в матричную оптику / пер. с англ. А. И. Божкова и Д. В. Власова ; под ред. [и с предисл.] В. В. Коробкина. - М. : Мир, 1978. - 341 с. : ил. - 2.10., 2 экз.
3. Кравцов Юрий Александрович. Геометрическая оптика неоднородных сред. - М. : Наука, 1980. - 304 с. : ил. - 3.30., 2 экз.
4. Власов Сергей Николаевич. Самофокусировка волн / РАН, Ин-т приклад. физики. - Н. Новгород : Изд-во Ин-та приклад. физики РАН, 1997. - 220 с. - ISBN 5-201-09307-8 : 22.00., 3 экз.
5. Ананьев Юрий Алексеевич. Оптические резонаторы и проблема расходимости лазерного излучения. - М. : Наука, 1979. - 328 с. : ил. - 2.60., 1 экз.

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

Не предусмотрено.

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): Мартынова Ольга Владимировна, кандидат физико-математических наук.

Рецензент(ы): Гавриленко Владимир Георгиевич, доктор физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Кудрин Александр Владимирович, доктор физико-математических наук.

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