

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 № 15 от 24.12.2025 г.

Рабочая программа дисциплины

Математические модели теории дифракции электромагнитных волн

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Направление подготовки / специальность

02.03.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии

Направленность образовательной программы

Информационные системы и технологии

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2026 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.03.01 Математические модели теории дифракции электромагнитных волн 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-5: Способен использовать современные инструментальные и вычислительные средства информационных технологий	ПК-5.1: Знает базовое оборудование и принципы его работы в информационных системах различных частотных диапазонов ПК-5.2: Знает основные принципы автоматизации и компьютеризации процессов сбора и обработки физической информации ПК-5.3: Умеет измерять основные физические величины, указывая погрешности измерений ПК-5.4: Умеет обрабатывать полученные в ходе эксперимента данные с использованием современных информационных технологий; проводить численные расчеты физических величин при обработке экспериментальных результатов ПК-5.5: Имеет практические навыки работы с измерительными приборами - осциллографическими, оптическими, спектральными, устройствами ввода/вывода данных	ПК-5.1: Знает современное состояние исследований, современные подходы к описанию различных явлений в области своей профессиональной деятельности ПК-5.2: Знает современные информационные и коммуникационные технологии сбора и анализа большого объема данных ПК-5.3: Умеет выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования ПК-5.4: Умеет анализировать процесс выполнения научного исследования и, в случае необходимости, корректировать план исследования на определенных этапах ПК-5.5: Владеет навыками	Задания	Зачёт: Тест

	ПК-5.6: Имеет практические навыки эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования ПК-5.7: Имеет практические навыки работы с вычислительной техникой на уровне применения в экспериментальных исследованиях	планирования научного исследования, анализа получаемых результатов и формулировки выводов ПК-5.6: Владеет навыками моделирования различных явлений в области физики и радиофизики ПК-5.7: Владеет навыками проведения моделирования или эксперимента для решения конкретной научно-исследовательской задачи		
--	--	--	--	--

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	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	0
- 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/ лабора торные работы), часы	Всего	
	о ф	о ф	о ф	о ф	о ф

	о	о	о	о	о
Введение	7	4		4	3
Некоторые общие положения теории дифракции.	6	2		2	4
Рассеяние на малых объектах. Квазистатическое приближение.	18	8		8	10
Дифракция на больших объектах. Квазиоптические приближения.	14	6		6	8
Произвольные объекты. Строгие и численные решения.	14	6		6	8
Некоторые вопросы теории дифракции в плавно неоднородных средах	8	4		4	4
Заключение. Актуальные проблемы теории дифракции электромагнитных волн	4	2		2	2
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	72	32	0	33	39

Содержание разделов и тем дисциплины

Раздел 1. Некоторые общие положения теории дифракции

1.1. Собственно дифракция или дифракция в узком смысле. Две концепции: Гюйгенса-Френеля и Юнга; их разбор и сравнение друг с другом. Дифракция плоской волны на прямоугольной щели.

Электромагнитный волновой пучок. Зоны дифракции: прожекторная, Френеля, Фраунгофера, диффузионная.

1.2. Метод геометрической оптики. Временной (и – медленные функции времени) и частотный (импульсы в диспергирующей среде) аналоги. Замечание о существенном раздвижении рамок геометрической оптики с помощью метода эталонных функций, метода Маслова и т.п., а также введения комплексных и дифракционных лучей. Поле вблизи простой каустики.

1.3. Дифракция в широком смысле. Классификация дифракционных задач. 1.4. Некоторые практические приложения. Радиолокация (коэффициент передачи, поперечное сечение рассеяния, дальность действия, разрешение, обзор пространства), диагностика, ускорение, локализация плазменных образований, самосжатие поля и т.п.

Раздел 2. Рассеяние на малых объектах. Квазистатическое приближение

2.1. Общая идеология. Решение статических задач для металлических и диэлектрических (в частности, плазменных) объектов. Плазменный резонанс. Радиационные потери. Магнитные аналоги - ферритовые объекты.

2.2. Методика расчета сечения рассеяния металлических объектов сложной формы.

2.3. Рассеяние на системах частиц. Рассеивающие среды. Сильно рассеивающие среды и их описание с помощью уравнения переноса. Понятие индикатриссы рассеяния и тела яркости.

Раздел 3. Дифракция на больших объектах. Квазиоптические приближения

3.1. Метод геометрической оптики и его обсуждение. Метод физической оптики и границы его применимости. Выражения для сечений рассеяния разных объектов в приближении физической оптики.

3.2. Геометрическая теория дифракции Келлера. Дифракционные лучи. Дифракционные коэффициенты. Постоянные затухания поля дифракционных поверхностных лучей. Эталонные задачи. "Модовый" подход. Пример: плазменный цилиндр. Трудности теории Келлера.

3.3. Физическая теория дифракции. Равномерная и неравномерная части тока. Затекающие токи и поле в области перехода от света к тени.

3.4. Замечание о возможности применения метода поперечной диффузии к решению дифракционных

задач. Сопоставление различных методов и подходов.

Раздел 4. Произвольные объекты. Строгие и численные решения

4.1. Общие представления о существующих строгих методах.

4.2. Метод разделения переменных. Его возможности и трудности. Примеры задач, решенных этим методом, и задач, в которых он встречается с трудностями. Задача о дифракции плоской электромагнитной волны на диэлектрическом шаре и цилиндре.

4.3. Некоторые общие замечания о численных методах решения дифракционных задач.

Раздел 5. Некоторые вопросы теории дифракции в плавно неоднородных средах

Функция Грина: равномерные и неравномерные асимптотические представления. Область применимости для функции Грина геометрикооптического приближения. Область применимости для функции Грина акустического приближения. Распространение широких волновых пучков; учет абберационных искажений.

Раздел 6. Заключение.

Актуальные проблемы теории дифракции электромагнитных волн.

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. Вайнштейн Л. А. - Электромагнитные волны. - М.: Радио и связь, 1988. - 440 с.
2. Ваганов Р. Б., Каценеленбаум Б. З. - Основы теории дифракции. - М.: Наука, 1982. - 272 с.

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 - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-5:

Задание 1. На языке программирования Matlab или Java написать программу, рассчитывающую в приближении Кирхгофа поля в дальней зоне, при излучении поля данной моды из конца волновода. Программа должна давать возможность рассчитывать волны как ТЕ, так и ТМ поляризации.

Задание 2. На языке программирования Matlab или Java написать программу, рассчитывающую поле, рассеиваемое диэлектрическим шариком радиуса 2 см (3, 4 см), образованного изотропной средой с

диэлектрической проницаемостью 10 (изотропной плазмой с проницаемостью -3, или замагниченной плазмой с диагональными элементами тензора диэлектрической проницаемости -3, -10 и недиагональным -2). Использовать для расчёта теорию Ми.

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. Имеется минимальный и выше набор навыков для решения стандартных задач, допускаются некоторые недочеты.
не зачтено	Уровень знаний ниже минимальных требований. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. 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 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	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	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 отдельными несущественными недочетами и,	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов

				с недочетами	.	выполнен ы все задания в полном объеме	
<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 некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и 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 - Тест) для оценки сформированности компетенции ПК-5

1. Дифракция Френеля рассматривает поля в промежуточной области и в своём описании опирается на параболическое уравнение вида	$a) \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 W}{\partial z^2} - 2ik \frac{\partial W}{\partial z} = 0$ $б) \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 W}{\partial z^2} = 0$ $в) \Delta W = 0$	$г) \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} - 2ik \frac{\partial W}{\partial z} = 0$ $д) \frac{\partial W}{\partial z} = -\frac{i}{2k} \left(\frac{\partial^2 W}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} \right)$ $е) \frac{\partial^2 W}{\partial z^2} - 2ik \frac{\partial W}{\partial z} = 0$
2. Уравнение <u>эйхонала</u> и лучевой вектор	$a) (\nabla \psi)^2 = n$ $s = \frac{\nabla \psi}{\varepsilon}, s = 1$ $б) (\nabla \psi)^2 = \mu$ $s = \frac{\nabla \psi}{\varepsilon}, s = 1$ $в) (\nabla \psi)^2 = n$ $s = \frac{\nabla \psi}{n}, s = 1$	$г) (\nabla \psi)^2 = \varepsilon \mu$ $s = \frac{\nabla \psi}{n}, s = 1$ $д) (\nabla \psi)^2 = \varepsilon \mu$ $s = \frac{\nabla \psi}{n \varepsilon \mu}, s = 1$ $е) (\nabla \psi)^2 = \varepsilon \mu$ $s = \nabla \psi, s = 1$

Критерии оценивания (оценочное средство - Тест)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущены некоторые погрешности. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с некоторыми погрешностями. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки. при решении стандартных задач с некоторыми недочетами
не зачтено	Уровень знаний ниже минимальных требований. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения и базовые навыки. Имели место грубые ошибки.

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

Основная литература:

1. 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.

Дополнительная литература:

1. Ваганов Роальд 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.

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

1. Microsoft Office (номера лицензий: 62421356 (12 шт.), 62421349);
2. Acrobat Professional 11.0 (номера лицензий: 65195558, 6 шт.);

3. Электронно-библиотечные системы (электронная библиотека):

[http://e.lanbook.com/;](http://e.lanbook.com/)

[http://www.biblioclub.ru.](http://www.biblioclub.ru)

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 ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 02.03.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии.

Автор(ы): Еськин Василий Алексеевич, 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 06.11.2025, протокол № 04/25.