

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Институт информационных технологий, математики и механики

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Асимптотические методы теории колебаний и волн

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Направление подготовки / специальность

01.03.02 - Прикладная математика и информатика

Направленность образовательной программы

Математическое моделирование и вычислительная математика

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.07.02 Асимптотические методы теории колебаний и 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-3: Способен собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям	ПК-3.1: Знает методы сбора, обработки и интерпретации данных современных научных исследований, необходимых для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям ПК-3.2: Умеет собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям ПК-3.3: Имеет практический опыт сбора и обработки данных современных научных исследований, необходимых для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям	ПК-3.1: Знать: – основные понятия, законы и принципы, описывающие физические явления, а также следствия, вытекающие из этих законов и принципов, имеющие как теоретическое, так и прикладное значение. – современное состояние и актуальные направления исследований колебательных и волновых процессов в различных областях физики. Знать: – точные и приближенные подходы к описанию колебаний в сосредоточенных системах при наличии изменяющихся внешних условий и самовоздействия; – асимптотические методы описания процессов распространения и дифракции коротковолновых полей в неоднородных нелинейных диспергирующих средах. ПК-3.2: Уметь: – адекватно описывать физические явления, составлять и анализировать их математические модели, с привлечением дополнительного материала, в	Задачи Контрольная работа Собеседование	Зачёт: Контрольные вопросы Задания

		том числе, с использование информационно-телекоммуникационной сети "Интернет" и других источников. – решать задачи и проблемы теории колебаний и волн, которые аналогичны ранее изученным в курсе; – решать задачи и проблемы теории колебаний и волн, которые аналогичны ранее изученным в курсе, но имеют более высокий уровень сложности. – использовать на практике асимптотические методы теории распространения и дифракции коротких волн для исследования волновых полей в плавно неоднородных средах с учетом рефракционных, дифракционных и дисперсионных эффектов; – решать нестандартные задачи и проблемы асимптотических методов теории волн, которые требуют некоторой оригинальности мышления ПК-3.3: Владеть: – представлениями о современном состоянии и актуальных проблемах исследований колебательных и волновых процессов в различных областях физики; – навыками составления математических моделей, описывающих физические процессы в сосредоточенных и распределенных системах; – точными и приближенными методами поиска и анализа возможных решений уравнений теории колебаний и волн; – навыками целенаправленного поиска информации о новейших научных и технологических достижениях в области		
--	--	--	--	--

		асимптотических методов теории волн; – математическими методами обработки экспериментальной информации.		
--	--	--	--	--

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	16
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	16
- 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
Тема 1. Осциллятор с медленно изменяющейся частотой.	6	1	1	2	4
Тема 2. Осциллятор с периодически изменяющейся частотой.	6	1	1	2	4
Тема 3. Движение в быстро осциллирующем поле.	6	1	1	2	4
Тема 4. Нелинейный осциллятор. Резонанс	5	1	1	2	3
Тема 5. Автоколебательные системы	5	1	1	2	3
Тема 6. Среды с временной дисперсией.	6	1	2	3	3
Тема 7. Волны в одномерных средах с плавно меняющимися параметрами.	5	1	1	2	3
Тема 8. Геометрическая оптика плавно неоднородных сред.	5	1	1	2	3

Тема 9. Квазиоптические волновые пучки.	6	2	1	3	3
Тема 10. Распространение волновых пучков в плавно неоднородных средах.	7	2	2	4	3
Тема 11. Самофокусировка волновых пучков.	7	2	2	4	3
Тема 12. Темные и светлые солитоны. Представление о солитоне как о квазичастице.	7	2	2	4	3
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	72	16	16	33	39

Содержание разделов и тем дисциплины

Тема 1. Осциллятор с медленно изменяющейся частотой.

Тема 2. Осциллятор с периодически изменяющейся частотой.

Тема 3. Движение в быстро осциллирующем поле.

Тема 4. Нелинейный осциллятор. Резонанс

Тема 5. Автоколебательные системы

Тема 6. Среда с временной дисперсией.

Тема 7. Волны в одномерных средах с плавно меняющимися параметрами.

Тема 8. Геометрическая оптика плавно неоднородных сред.

Тема 9. Квазиоптические волновые пучки.

Тема 10. Распространение волновых пучков в плавно неоднородных средах.

Тема 11. Самофокусировка волновых пучков.

Тема 12. Темные и светлые солитоны. Представление о солитоне как о квазичастице.

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.

Самостоятельная работа студента – неотъемлемая часть подготовки высококвалифицированного специалиста в соответствующей области. Ее цель – формирование у студентов способностей и навыков к непрерывному самообразованию и профессиональному совершенствованию.

Самостоятельная работа студентов подразумевает проработку лекционного и дополнительного материала, решение домашних заданий с последующей проверкой навыков решения задач. При самостоятельной работе рекомендуется использовать основную и дополнительную литературу, приведенную в п.7. Проработка лекционного материала осуществляется еженедельно после проведения аудиторных занятий в рамках часов, отведенных студентам на самостоятельную работу. Кроме того, работа с лекционным и дополнительным материалом (рекомендованной литературой, приведенной в конце данной программы) проводится в период сессии при подготовке к экзамену по дисциплине.

Выполнение домашних заданий осуществляется еженедельно или раз в две недели в соответствии с графиком изучения соответствующего лекционного материала и проведения практических занятий по соответствующей тематике.

Задачи для выполнения самостоятельных домашних заданий по каждому разделу дисциплины составляются преподавателем. Количество вариантов зависит от числа обучающихся.

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 - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-3:

Задача 1.

Найти границы первой зоны неустойчивости для осциллятора с частотой, изменяющейся ступенчатым образом.

Задача 2.

Найти границы второй зоны неустойчивости для осциллятора с частотой, изменяющейся по гармоническому закону.

Задача 3.

Найти адиабатический инвариант и условия его применимости для движения электрона в медленно изменяющемся магнитном поле.

Задача 4.

Найти адиабатический инвариант и условия его применимости для шарика, катающийся по горизонтальному столу между двумя стенками, одна из которых медленно колеблется.

Задача 5.

Оценить глубину проникновения квазимонохроматического поля с амплитудой E_0 в плоскостойкую среду, показатель преломления которой изменяется по линейному закону.

Задача 6.

Исследовать поведение физического маятника с длиной L , точка подвеса которого а) колеблется вертикально, б) колеблется горизонтально и с) вращается по окружности с частотой ω , предполагая, что ω^2 существенно превосходит величину L/g .

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Ответ полный и правильный на основании изученной теории; теоретический материал и решение поставленных задач изложены в необходимой логической последовательности, грамотный научный язык; ответ самостоятельный. Могут быть допущены две-три

Оценка	Критерии оценивания
	несущественные ошибки, исправленные по требованию преподавателя
не зачтено	Ответ обнаруживает непонимание студентом основного содержания учебного материала или допущены существенные ошибки, которые не могут быть исправлены при наводящих вопросах преподавателя

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольная работа) для оценки сформированности компетенции ПК-3:

Задача 1.

Описать процесс перестройки частоты у плоской волны, налетающей на фронт ионизации, если он движется навстречу *a)* с «досветовой» и *b)* со «сверхсветовой» скоростью.

Задача 2.

Найти структуру фронта ударной волны для уравнения Бюргерса и скорость его движения.

Задача 3.

Найти семейство солитонов уравнения Кортевега-де Вриза. Найти интегралы движения исходного уравнения, которые отвечают импульсу и энергии солитона.

Задача 4.

Найти структуру ударной волны и форму солитона уравнения Бюргерса – Кортевега-де Вриза.

Задача 5.

Найти семейство солитонов модифицированного уравнения Кортевега-де Вриза.

Задача 6.

Исследовать возможные уединенные решения обобщенного нелинейного уравнения Шредингера с нелинейной дисперсией.

Задача 7.

Найти семейство солитонов обобщенного нелинейного уравнения Шредингера в присутствии ионизации среды, где несущая частота определяется изменением плотности электронов.

Задача 8.

Используя вариационный подход, определить условия возникновения коллапса в среде с затуханием.

Задача 9.

Используя вариационный подход, определить условия возникновения коллапса в среде с параболическим профилем плотности.

Задача 10.

На основе энергетического анализа описать динамику кинка в рамках уравнения синус-Гордона с диссипацией и внешним постоянным воздействием. Найти установившуюся скорость движения кинка.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольная работа)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Ответ полный и правильный на основании изученной теории; теоретический материал и решение поставленных задач изложены в необходимой логической последовательности, грамотный научный язык; ответ самостоятельный. Могут быть допущены две-три не существенные ошибки, исправленные по требованию преподавателя
не зачтено	Ответ обнаруживает непонимание студентом основного содержания учебного материала или допущены существенные ошибки, которые не могут быть исправлены при наводящих вопросах преподавателя

5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-3:

1. Колебательный контур с нелинейной емкостью или нелинейной индуктивностью.
2. Контакт Джозефсона.
3. Задача о самоиндуцированной прозрачности.
4. Универсальные модели консервативных колебаний вблизи минимума гладкого потенциала: осцилляторы с квадратичной нелинейностью и осцилляторы с кубической нелинейностью.
5. Осциллятор Дуффинга.
6. Обобщенная схема радиотехнического генератора.
7. Ламповый генератор Ван дер Поля. Уравнения Ван дер Поля.
8. Автогенератор на активном элементе с отрицательной дифференциальной проводимостью.
9. Уравнение Рэлея.
10. Модель Френкеля – Конторовой. Цепочки связанных осцилляторов.
11. Представление о волнах в распределенных системах.

Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Ответ полный и правильный на основании изученной теории; теоретический материал и решение поставленных задач изложены в необходимой логической последовательности, грамотный научный язык; ответ самостоятельный. Могут быть допущены две-три не существенные ошибки, исправленные по требованию преподавателя
не зачтено	Ответ обнаруживает непонимание студентом основного содержания учебного материала или допущены существенные ошибки, которые не могут быть исправлены при наводящих

Оценка	Критерии оценивания
	вопросах преподавателя

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

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатор 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 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-3

- Осциллятор с медленно изменяющейся частотой. Представление о лагранжевом и гамильтоновом формализме при описании движения системы материальных точек. Канонические переменные действие, угол. Адиабатический инвариант и точность его сохранения.
- Осциллятор с периодически изменяющейся частотой. Уравнение Хилла и теорема Флоке. Параметрический резонанс и представление о зонах неустойчивости. Уравнение Матье и границы первой и второй зон неустойчивости.
- Движение в быстро осциллирующем поле. Понятие о пондеромоторной силе и связанной с ней эффективным усредненным потенциале. Маятника Капицы и его состояния равновесия.
- Нелинейный осциллятор как обобщенная модель теории колебания. Универсальные модели консервативных колебаний вблизи минимума гладкого потенциала: осцилляторы с квадратичной нелинейностью и осцилляторы с кубической нелинейностью (осциллятор Дуффинга). Вынужденные колебания линейного и нелинейного осциллятора. Понятие о резонансе. Укороченные уравнения и резонансные кривые. Бифуркации при нелинейном резонансе.

5. Автоколебательные системы. Уравнения Ван дер Поля и Рэлея. Квазигармонические колебания. Бифуркация Андронова – Хопфа. Релаксационные колебания.

6. Цепочки связанных осцилляторов. Представление о волнах в распределенных системах. Дисперсионное уравнение. Среды с временной дисперсией. Распространение квазимонохроматического импульса в длинноволновом приближении. Понятие о фазовой и групповой скорости. Расплывание волновых пакетов. Метод моментов. Уравнение для огибающей импульса и его функция Грина. Гауссов импульс (автомодельное решение уравнения для огибающей). Прямоугольный сигнал. Импульс с начальной фазовой модуляцией и его эффективное сжатие.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок
не зачтено	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-3

1. Колебательный контур с нелинейной емкостью или нелинейной индуктивностью.
2. Контакт Джозефсона.
3. Задача о самоиндуцированной прозрачности.
4. Универсальные модели консервативных колебаний вблизи минимума гладкого потенциала: осцилляторы с квадратичной нелинейностью и осцилляторы с кубической нелинейностью.
5. Осциллятор Дуффинга.
6. Обобщенная схема радиотехнического генератора.
7. Ламповый генератор Ван дер Поля. Уравнения Ван дер Поля.
8. Автогенератор на активном элементе с отрицательной дифференциальной проводимостью.
9. Уравнение Рэлея.
10. Модель Френкеля – Конторовой. Цепочки связанных осцилляторов.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Ответ полный и правильный на основании изученной теории; теоретический материал и решение поставленных задач изложены в необходимой логической последовательности, грамотный научный язык; ответ самостоятельный. Могут быть допущены две-три несущественные ошибки, исправленные по требованию преподавателя
не зачтено	Ответ обнаруживает непонимание студентом основного содержания учебного материала или допущены существенные ошибки, которые не могут быть исправлены при наводящих вопросах преподавателя

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

Основная литература:

1. Трубецков Дмитрий Иванович. Линейные колебания и волны : учеб. пособие для студентов вузов. - М. : Физматлит, 2001. - 416 с. : ил. - (Современная теория колебаний и волн). - Федер. целевая программа "Гос. поддержка интеграции высш. образования и фундам. науки на 1997 - 2000 г.". - ISBN 5-94052-028-6 : 41.00., 47 экз.
2. Гинзбург Виталий Лазаревич. Распространение электромагнитных волн в плазме. - 2-е изд., перераб. - М. : Наука, 1967. - 683 с. : с черт. - 3.01., 95 экз.
3. Теория волн : [учеб. пособие для физ. специальностей вузов]. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Наука, 1990. - 432 с. : граф. - ISBN 5-02-014050-3 (в пер.) : 3.10., 4 экз.

Дополнительная литература:

1. Кравцов Юрий Александрович. Геометрическая оптика неоднородных сред. - М. : Наука, 1980. - 304 с. : ил. - 3.30., 2 экз.

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

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Краткий курс теоретической физики, том 1: Механика. Электродинамика. М.: Наука, 1969. [В форме электронного документа доступна на сайте EdWorld «Мир математических уравнений», ИПМ РАН, 2004-2016, URL <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/physics/lectures.htm> — свободный доступ]
2. EdWorld «Мир математических уравнений», ИПМ РАН, 2004-2016, URL <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library> — свободный доступ
3. Современная цифровая образовательная среда РФ. [сайт]. Учебные курсы. URL: <https://online.edu.ru/public/courses?faces-redirect=true>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: презентационное оборудование для проведения обсуждений и компьютерных демонстраций

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 01.03.02 - Прикладная математика и информатика.

Автор(ы): Смирнов Лев Александрович, кандидат физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Осипов Григорий Владимирович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 13.12.2023, протокол № 3.