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 ученого совета ННГУ
протокол от
«16» июня 2021 г. № 8

Рабочая программа дисциплины

Асимптотические методы теории колебаний и волн

Уровень высшего образования
Бакалавриат

Направление подготовки
01.03.02 Прикладная математика и информатика

Направленность образовательной программы
Прикладная математика и информатика (общий профиль)

Форма обучения
очная

Нижний Новгород

2021 год

1. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений.
Код дисциплины Б1.В.ДВ.08.05.

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
1	Блок 1. Дисциплины (модули) Часть, формируемая участниками образовательных отношений	Дисциплина Б1.В.ДВ.08.05 **Асимптотические методы теории колебаний и волн** относится к части ООП направления подготовки *01.03.02 «Прикладная математика и информатика»*, формируемой участниками образовательных отношений.

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****	
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*	***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.*	*Собеседование*
	ПК-3.2. *Умеет собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных*	***Уметь:*** *– адекватно описывать физические явления, составлять и анализировать их математические модели, с привлечением дополнительного материала, в том числе, с использование информационно-*	*Задача* *Контрольная работа*

	исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям	*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. Имеет практический опыт сбора и обработки данных современных научных исследований, необходимых для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям	***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.*	*Собеседование* *Задача*

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Трудоемкость дисциплины

	Очная форма обучения
Общая трудоемкость	**2 ЗЕТ**
Часов по учебному плану	**72**
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа): **- занятия лекционного типа** **- занятия семинарского типа** **- занятия лабораторного типа** **- текущий контроль (КСР)**	**33** **16** **16** **0** **1**

самостоятельная работа	**39**
Промежуточная аттестация -зачет	

3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание 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**	**Занятия лабораторного типа**	**Всего**	
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.	6	1	2		3	3
Тема 9. Квазиоптические волновые пучки.	6	2	1		3	3
Тема 10. Распространение волновых пучков в плавно неоднородных средах.	6	2	1		3	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
Текущий контроль (КСР)	1				1	
Промежуточная аттестация – зачет	0					
Итого	72	16	16	0	33	39

Текущий контроль успеваемости реализуется в формах опросов на занятиях семинарского типа.

Промежуточная аттестация проходит в традиционной форме (зачет).

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

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.

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю),

включающий:

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	**Шкала оценивания сформированности компетенций**						
	плохо	**неудовлетворительно**	**удовлетворительно**	**хорошо**	**очень хорошо**	**отлично**	**превосходно**
	Не зачтено		Зачтено				
Знания	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающего	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки.	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.

	ся от ответа						
Умения	Отсутствие минималь-ных умений. Невозмож-ность оценить наличие умений вследствие отказа обучающего ся от ответа	При решении стандартных задач не продемонстр ированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продемонст рированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	Продемонстри рованы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстри рованы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонст рированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущест-венным недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продемонст рированы все основные умения, решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
Навыки	Отсутствие владения материалом. Невозможно сть оценить наличие навыков вследствие отказа обучающего ся от ответа	При решении стандартных задач не продемонстр ированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальны й набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.	Продемонст-рированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстри рованы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продемонст рированы навыки при решении нестандартн ых задач без ошибок и недочетов.	Продемонст рирован творческий подход к решению нестандартн ых задач.

Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	Превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
	Отлично	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»
	Очень хорошо	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»
	Хорошо	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»
	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», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	Плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

5.2.1 Контрольные вопросы к зачету

Вопросы	*Код формируемой компетенции*
1. Лагранжев и гамильтонов формализм при описании движения системы материальных точек.	*ПК-3*
2. Канонические переменные действие, угол.	*ПК-3*
3. Адиабатический инвариант для осциллятора с медленно изменяющейся частотой.	*ПК-3*
4. Осциллятор с периодически изменяющейся частотой. Уравнение Хилла и теорема Флоке.	*ПК-3*
5. Параметрический резонанс и представление о зонах неустойчивости.	*ПК-3*
6. Уравнение Матье и границы первой зоны неустойчивости.	*ПК-3*
7. Движение в быстро осциллирующем поле. Понятие о пондеромоторной силе.	*ПК-3*
8. Маятника Капицы и его состояния равновесия.	*ПК-3*
9. Колебательный контур с нелинейной емкостью или нелинейной индуктивностью.	*ПК-3*
10. Контакт Джозефсона.	*ПК-3*
11. Задача о самоиндуцированной прозрачности.	*ПК-3*
12. Универсальные модели консервативных колебаний вблизи минимума гладкого потенциала: осцилляторы с квадратичной нелинейностью и осцилляторы с кубической нелинейностью.	*ПК-3*
13. Осциллятор Дуффинга.	*ПК-3*
14. Вынужденные колебания линейного и нелинейного осциллятора. Понятие о резонансе.	*ПК-3*

15. Укороченные уравнения и резонансные кривые.	*ПК-3*
16. Квазигармонические и релаксационные колебания в автоколебательных системах.	*ПК-3*
17. Обобщенная схема радиотехнического генератора.	*ПК-3*
18. Ламповый генератор Ван дер Поля. Уравнения Ван дер Поля.	*ПК-3*
19. Автогенератор на активном элементе с отрицательной дифференциальной проводимостью.	*ПК-3*
20. Уравнение Рэлея.	*ПК-3*
21. Бифуркация Андронова – Хопфа.	*ПК-3*
22. Фазовые портреты для консервативного и диссипативного нелинейного осциллятора. Типы возможных состояний равновесия.	*ПК-3*
23. Движение по сепаратрисе для физического маятника.	*ПК-3*
24. Разложение в ряд по степеням параметра нелинейности для осциллятора с квадратичной нелинейностью.	*ПК-3*
25. Разложение в ряд по степеням параметра нелинейности для осциллятора с кубической нелинейностью.	*ПК-3*
26. Метод многих масштабов.	*ПК-3*
27. Метод Ван дер Поля.	*ПК-3*
28. Модель Френкеля – Конторовой. Цепочки связанных осцилляторов.	*ПК-3*
29. Представление о волнах в распределенных системах.	*ПК-3*
30. Среды с временной (частотной) дисперсией. Волновое уравнение для сред с временной дисперсией.	*ПК-3*
31. Дифференциальная форма материального уравнения.	*ПК-3*
32. Дисперсионное уравнение. Понятие о фазовой и групповой скорости.	*ПК-3*
33. Распространение квазимонохроматического импульса в длинноволновом приближении.	*ПК-3*
34. Расплывание волновых пакетов. Метод моментов.	*ПК-3*
35. Уравнение для огибающей импульса и его функция Грина.	*ПК-3*
36. Гауссов импульс (автомодельное решение уравнения для огибающей). Прямоугольный сигнал.	*ПК-3*
37. Импульс с начальной фазовой модуляцией и его эффективное сжатие.	*ПК-3*
38. Уравнения Максвелла.	*ПК-3*
39. Волновое уравнение. Скалярное уравнение Гельмгольца.	*ПК-3*
40. Необходимые условия применимости геометрической оптики для монохроматических полей.	*ПК-3*

41. Уравнения эйконала и переноса для скалярного уравнения Гельмгольца.	*ПК-3*
42. Дифференциальное уравнение для луча. Кривизна луча.	*ПК-3*
43. Лучевые координаты.	*ПК-3*
44. Закон сохранения потока энергии в лучевой трубке.	*ПК-3*
45. Каустики. Лучи и каустики в линейном слое.	*ПК-3*
46. Волны в одномерных средах с плавно меняющимися параметрами. Приближение Вентцеля – Крамерса – Бриллюэна (ВКБ). Уравнение и функция Эйри	*ПК-3*
47. Квазиоптические волновые пучки. Малоугловое (параксиальное) приближение.	*ПК-3*
48. Квазиоптическое уравнение и его функция Грина. Поведение волнового поля в зоне геометрической оптики и зоне Фраунгофера.	*ПК-3*
49. Пучки с гауссоввым распределением амплитуды, автомодельное решение квазиоптического уравнения и понятие об эффективной ширине пучка.	*ПК-3*
50. Зоны дифракции в неоднородных средах.	*ПК-3*
51. Опорный луч волнового пучка и связанная с ним ортогональная система координат.	*ПК-3*
52. Безаберрационное приближение квазиоптики для монохроматических волновых пучков. Представление об абберациях.	*ПК-3*
53. Обобщенное линзовое преобразование	*ПК-3*
54. Импульс с начальной фазовой модуляцией и его эффективное сжатие.	*ПК-3*
55. Зоны дифракции в неоднородных средах.	*ПК-3*
56. Процесс самофокусировка волновых пучков. Филаментация.	*ПК-3*
57. Нелинейное уравнение Шредингера.	*ПК-3*
58. Модуляционная неустойчивость пространственно однородного решения.	*ПК-3*
59. Самоподдерживающиеся волновые каналы в средах с кубичной нелинейностью.	*ПК-3*
60. Вариационный подход к описанию процесса самовоздействия волновых пучков.	*ПК-3*
61. Оценка длинны самофокусировки.	*ПК-3*
62. Представление о солитоне как о квазичастице.	*ПК-3*
63. Законы сохранения для нелинейного уравнения Шредингера.	*ПК-3*
64. Темные и светлые солитоны одномерного нелинейного уравнения Шредингера.	*ПК-3*

65. Описание поведение светлых солитонов в обобщенном нелинейного уравнения Шредингера в ситуации, близкой к интегрируемой. Модификация законов сохранения. Метод моментов.	*ПК-3*
66. Теория возмущений для темных солитонов, распространяющихся на неоднородном фоне в среде с дефокусирующей нелинейностью. Эффективное уравнение для положения темного солитона в параболической ловушке	*ПК-3*

5.2.2. Примеры типовых задач текущего контроля 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 плоскослоистою среду, показатель преломления которой изменяется по линейному закону.

Задача 6. Исследовать поведение физического маятника с длинной L, точка подвеса которого *a*) колеблется вертикально, *b*) колеблется горизонтально и *c*) вращается по окружности с частотой ω, предполагая, что ω^2 существенно превосходит величину L/g.

5.2.3. Типовые задания контрольной работы для оценки 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.

5.2.3. Типовые вопросы собеседования для оценки сформированности компетенции «ПК-13»

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. Параметрические колебания в нелинейных системах. Нелинейный осциллятор с параметрическим возбуждением.
8. Параметрический генератор электромагнитных колебаний.
9. Оптические параметрические усилители и генераторы.
10. Двухконтурные параметрические генераторы.
11. Резонансное взаимодействие связанных слабонелинейных осцилляторов.
12. Соотношения Менли – Роу

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Трубецков Д.И., Рожнев А.Г. Линейные колебания и волны: Учебное пособие для вузов. - М.: Изд-во физматлит, 2001. (48 экз)
2. Гинзбург В. Л. Распространение электромагнитных волн в плазме. 2-е изд. - М.: Наука,1960.
   [В форме электронного документа доступна на сайте EdWorld «Мир математических уравнений», ИПМ РАН, 2004-2016, URL http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/physics/plasma.htm — свободный доступ]
3. Кравцов Ю.А., Орлов Ю.И. Геометрическая оптика неоднородных сред. - М.: Наука, 1980.
   [В форме электронного документа доступна на сайте EdWorld «Мир математических уравнений», ИПМ РАН, 2004-2016, URL http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/physics/optics.htm — свободный доступ]
4. Виноградова М.Б., Руденко О.В., Сухоруков А.П. Теория волн. — М.: Наука, 1979, 1990. (147 экз+4 экз)

б) дополнительная литература:

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]

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

EdWorld «Мир математических уравнений», ИПМ РАН, 2004-2016, URL http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library — свободный доступ
Современная цифровая образовательная среда РФ. [сайт]. Учебные курсы. URL: https://online.edu.ru/public/courses?faces-redirect=true

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами

обучения: имеются учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы; презентационное оборудование для проведения обсуждений и компьютерных демонстраций (лаборатории 218, и 220 кафедры ТУиДС, корп.2).

Наличие рекомендованной литературы.

Для подготовки самостоятельных контрольных работ и для их графического представления (если это необходимо), а также для расширения коммуникационных возможностей студенты имеют возможность работать в компьютерных классах с соответствующим лицензионным программным обеспечением и выходом в Интернет (лаборатории 218, и 220 кафедры ТУиДС, корп.2).

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

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ 01.03.02 Прикладная математика и информатика.

Автор, к.ф.-м.н., ст. преп. ТУиДС _____ Л.А. Смирнов

Рецензент _____

Заведующий кафедрой ТУиДС, д.ф.-м.н. _____ Г.В. Осипов

Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики

от 2 июня 2021 года, протокол № 8.