

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 «30» ноября 2022 г. № 13

Рабочая программа дисциплины
ТЕОРИЯ НЕЛИНЕЙНОГО РЕЗОНАНСА

Уровень высшего образования
магистратура

Направление подготовки / специальность
01.04.01 – Математика

Направленность образовательной программы
Фундаментальная математика и приложения

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения
очная

Нижний Новгород

2023 год

Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина относится к обязательной части, Б1.О.14

1. 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**	
<p><i>ОПК-2</i></p> <p>Способен строить и анализировать математические модели в современном естествознании, технике, экономике и управлении</p>	<p>ОПК-2.1. Знать математические модели в современном естествознании, технике, экономике и управлении.</p> <p>ОПК-2.2. Уметь модифицировать, анализировать и реализовывать математические модели в современном естествознании, технике, экономике и управлении.</p> <p>ОПК-2.3. Владеть навыками модификации, анализа и реализации новых математических моделей в современном естествознании, технике, экономике и управлении.</p>	<p><i>Знать_</i> основные понятия теории динамических систем с вращением, определения и свойства математических объектов в этой области, формулировки утверждений, методы их доказательства, возможные сферы их приложений, базовые знания методов исследования резонансов в нелинейных систем, близких к интегрируемым.</p> <p><i>Уметь_</i> анализировать современные задачи и использовать на практике математические методы теории нелинейного резонанса.</p> <p><i>Владеть</i> опытом нахождения, анализа и использования на практике математических методов теории возмущений, теории нелинейного резонанса.</p>	<p><i>Контрольные вопросы, экзамен</i></p>
<p><i>УК-1</i></p>	<p>УК-1.1. Знать методы</p>	<p><i>Знать</i> основные научные подходы</p>	<p><i>Контрольные вопросы,</i></p>

Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	<p>критического анализа проблемных ситуаций.</p> <p>УК-1.2. Уметь вырабатывать стратегию действий при возникновении критических ситуаций.</p> <p>УК-1.3. Владеть навыками системного подхода к анализу проблемных ситуаций.</p>	<p>к исследованию базовых нелинейных уравнений с монотонным и немонотонным вращением.</p> <p><i>Уметь</i> выделять и систематизировать основные идеи в научных работах</p> <p><i>Владеть</i> навыками анализа и систематизации информации по нелинейным резонансам, навыками выбора методов исследования нелинейных колебательных систем.</p>	<i>экзамен</i>
--	---	---	----------------

3. Структура и содержание дисциплины «Теория нелинейного резонанса»

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная форма обучения
Общая трудоемкость	3 ЗЕТ
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	17
- занятия семинарского типа	17
самостоятельная работа	74
Промежуточная аттестация – экзамен	

3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Лабораторные	Всего Контактных часов	СРС
ОПК-2. Введение. Примеры систем с монотонным вращением. 1) Дифференциальные уравнения: математический маятник, уравнения Дюффинга. Исследование зависимости периода вращения от значения интеграла энергии. 2) Отображение Чирикова. Число вращения.	26		4	4		8	18
ОПК-2. Примеры систем с немонотонным вращением. 1) Маятниковые уравнения. 2) Уравнения типа Дюффинга 3) Двумерные отображения. Выступление студентов на семинаре с представлением перевода и объяснением результатов научных статей.	26		4	4		8	18
ОПК-2. Резонансы в линейных системах. Резонансы в квазилинейных системах. Пример, проясняющий роль нелинейности: $\ddot{x} + x = \varepsilon(ax^3 + b\{\dot{x} + dx + c\sin(t)\})$. Пример, проясняющий роль предельных циклов: $\ddot{x} + x = \varepsilon(dx + (1 - x^2)\dot{x} + c\sin(t))$.	26		4	4		8	18
ПК-5. Резонансы в системах с 3/2 степенями свободы, близких к нелинейным гамильтоновым. невырожденные и вырожденные резонансы	30		5	5		10	20
В том числе текущий контроль							
промежуточная аттестация экзамен							
Итого:	108		17	17		32	74

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий семинарского типа

Промежуточная аттестация проходит в традиционных формах (экзамен), а также в форме защиты проекта.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

4.1 Виды самостоятельной работы студентов

- ❖ Проработка лекционного материала.
- ❖ Решение примеров из списка вопрос по курсу.

- ❖ Выполнение проекта (перевод англоязычной статьи, подготовка реферата и презентации).

4.2 Образовательные материалы для самостоятельной работы студентов, практические задания для проведения текущего контроля

1) Морозов А.Д. Введение в математические методы нелинейной динамики. Электронное учебно-методическое пособие. — Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2012. — 98 с. Рег. №480.12.06. http://www.unn.ru/books/met_files/MMND-Book.pdf

2) Программа WInSet (Драгунов Т.Н., Морозов А.Д. Использование программы WInSet для визуализации динамических систем: Учебное пособие. — Н. Новгород: Изд-во ННГУ, 2007. — 102 с., <http://www.unn.ru/pages/e-library/aids/2007/41.pdf>.

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 6.2.

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине, 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				
<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 незначительных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными незначительными недочетами,	Продemonстрированы все основные умения,. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном

	я от ответа	ошибки.	но не в полном объеме.	полном объеме, но некоторые с недочетами.	некоторые с недочетами.	выполнены все задания в полном объеме.	объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. 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	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных 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	Неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»

зачтено	Плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»
---------	-------	---

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

6.2.1 Контрольные вопросы

вопросы	Код формируемой компетенции
1. Интегрируемые и неинтегрируемые нелинейные гамильтоновы системы	УК-1
2. Резонансы в небесной механике	УК-1
3. Системы с монотонным вращением: (математический маятник; уравнение Дюффинга; отображение Чирикова).	ОПК-2
4. Маятниковые уравнения	ОПК-2
5. Дюффинговые уравнения с немонотонным вращением	ОПК-2
6. Отображения цилиндра с немонотонным вращением	ОПК-2
7. Резонансы в линейных системах	УК-1
8. Резонансы в квазилинейных системах.	ОПК-2
9. Пример, проясняющий роль нелинейности: $\ddot{x} + x = \varepsilon(ax^3 + b\{\dot{x} + dx + c\sin(t)\})$.	ОПК-2
10. Пример, проясняющий роль предельных циклов: $\ddot{x} + x = \varepsilon(dx + (1 - x^2)\dot{x} + c\sin(t))$.	ОПК-2
11. Невырожденные резонансы в системах с 3/2 степенями свободы, близких к нелинейным гамильтоновым.	ОПК-2
12. Вырожденные резонансы в системах с 3/2 степенями свободы, близких к нелинейным гамильтоновым.	ОПК-2
13. Примеры	ОПК-2

6.2.2. Типовые тестовые задания для оценки сформированности компетенции – это контрольные вопросы.

6.2.3. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции

Примеры экзаменационных билетов

Экзаменационный билет № 1

1. Математический маятник-система с монотонным вращением.
2. Вырожденные резонансы. Исследование системы первого приближения.

Экзаменационный билет № 2

1. Уравнение Дюффинга-система с монотонным вращением.
2. Невырожденные резонансы. Исследование системы первого приближения.

Экзаменационный билет № 3

1. Отображение Чирикова.
2. Невырожденные резонансы в системах с 3/2 степенями свободы. Исследование системы второго приближения.

Экзаменационный билет № 4

1. Уравнение маятникового типа с немонотонным вращением.
2. Преобразования исходной системы в окрестностях невырожденных резонансных уровней.

Экзаменационный билет № 5

1. Уравнение типа Дюффинга с немонотонным вращением.
2. Преобразования исходной системы в окрестностях вырожденных резонансных уровней.

Экзаменационный билет № 6

1. Резонансы в сохраняющих площадь отображениях цилиндра: Основные определения и понятия.
2. Резонансы в системах с $3/2$ степенями свободы, близких к нелинейным гамильтоновым.

Экзаменационный билет № 7

1. Отображение Ховарда.
2. Вырожденные резонансы в системах с $3/2$ степенями свободы.

Экзаменационный билет № 8

1. Резонансы в уравнении $\ddot{x} + x - x^3 = \varepsilon(\gamma\dot{x} + c \sin(2t))$.
2. Резонансы в квазилинейных системах.

Экзаменационный билет № 9

1. Резонансы в уравнении $\ddot{x} + x + x^3 = \varepsilon[(p_1 + p_2 x^2 + p_3 x \sin \varphi)\dot{x} + p_4 \sin(\nu t)]$.
2. Резонансы в небесной механике.

Экзаменационный билет № 10

1. Пример, проясняющий роль нелинейности: $\ddot{x} + x = \varepsilon(ax^3 + b\dot{x} + dx + c \sin(t))$.
2. Вырожденные резонансы в системах с $3/2$ степенями свободы. Исследование системы первого приближения. Связь с отображениями цилиндра.

6.2.4. Темы курсовых работ, эссе, рефератов

1) Перевести и объяснить результаты статьи:

A. Apte, Rafael de la Llave and Nikola P. Petrov "Regularity of critical invariant circles of the standard nontwist map"// Nonlinearity 18, (2005), 1173–1187.

Подготовить реферат с презентацией.

2) Перевести и объяснить результаты статьи:

K. Fuchss, A. Wurm, A. Apte, P. J. Morrison "Breakup of shearless meanders and "outer" tori in the standard nontwist map"// CHAOS 16, 033120 (2006).

Подготовить реферат с презентацией.

3) Перевести и объяснить результаты статьи:

A. Apte, A. Wurm, and P. J. Morrison Renormalization and destruction of $1/2$ tori in the standard nontwist map// CHAOS, VOL. 13, No 2, JUNE 2003.

Подготовить реферат с презентацией.

4) Перевести и объяснить результаты статьи:

James E. Howard and Albert D. Morozov "A Simple Reconnecting Map"// Regular and Chaotic Dynamics, 2012, Vol. 17, No. 5, pp. 417–430.

Подготовить реферат с презентацией.

По результатам выступления с презентацией на семинаре студент получает оценку (зачет/незачет).

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Теория нелинейного резонанса»

а) основная литература:

1) Морозов А.Д. Введение в математические методы нелинейной динамики. Электронное учебно-методическое пособие. — Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2012. — 98 с. Рег. №480.12.06. http://www.unn.ru/books/met_files/MMND-Book.pdf

2) Морозов А.Д. Математические методы теории колебаний: учебное пособие. — М. Ижевск: Институт компьютерных исследований; НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2017. — 144 с. (10 экз. в библиотеке ННГУ).

б) дополнительная литература:

А.Д. Морозов «Резонансы, циклы и хаос в квазиконсервативных системах». — Изд-во РХД, Москва-Ижевск, 2005. (3 экз. в библиотеке ННГУ)

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программа WInSet (Драгунов Т.Н., Морозов А.Д. Использование программы WInSet для визуализации динамических систем: Учебное пособие. — Н. Новгород: Изд-во ННГУ, 2007. — 102 с., <http://www.unn.ru/pages/e-library/aids/2007/41.pdf>.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: компьютер, проектор, экран, доска, мел.

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 ВО ННГУ - магистратура по направлению подготовки 01.04.01 Математика.

Автор Морозов А.Д.

Рецензент (ы)

Заведующий кафедрой_Калинин А.В.____

Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики от 30 ноября 2022 года, протокол № 3.