

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**федеральное государственное автономное**  
**образовательное учреждение высшего образования**  
**«Национальный исследовательский**  
**Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»**

**УТВЕРЖДЕНО**  
решением ученого совета ННГУ  
протокол от "16" января 2024 г. №1

**Рабочая программа дисциплины**  
**Теория нелинейного резонанса**

Уровень высшего образования  
**Подготовка научных и научно-педагогических кадров**

Программа аспирантуры  
**Дифференциальные уравнения и математическая физика**

Научная специальность  
**1.1.2 Дифференциальные уравнения и математическая физика**

Форма обучения  
**Очная**

Нижний Новгород  
2024 год

### 1. Место и цель дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Теория нелинейного резонанса» относится к числу обязательных, дисциплин образовательного компонента программы аспирантуры и изучается на 3 году обучения в 5 семестре.

**Цель дисциплины** – изучение поведения решений дифференциальных уравнений в обыкновенных производных.

### 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Выпускник, освоивший программу, должен

**Знать:**

- свойства решений дифференциальных уравнений в обыкновенных производных,
- методы построения решений некоторых типов дифференциальных уравнений,
- методы и приемы качественного исследования динамических систем,

**Уметь:**

- проводить доказательства основных утверждений на высоком теоретическом уровне

**Владеть:**

- навыками критического анализа современных передовых публикаций по специальности

### 3. Структура и содержание дисциплины.

Объем дисциплины (модуля) составляет 1 з.е., всего – 36 часов, из которых 36 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа - 36 часов).

**Таблица 2**

**Структура дисциплины**

Наименование раздела дисциплины	Всего, часов	В том числе					
		Контактная работа, часов					Самостоятельная работа обучающегося, часов
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Консультации	Всего	
Введение	9	9					
Системы с немонотонным вращением	9	9					
Резонансы в линейных и квазилинейных системах	9	9					
Резонансы в нелинейных системах	9	9					
Промежуточная аттестация в 5 семестре: – зачет							
Итого	36	36					

**Таблица 3****Содержание дисциплины**

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Форма проведения занятия	Форма текущего контроля*
1.	Введение	Введение. Резонансы в небесной механике. Примеры систем с монотонным вращением. Дифференциальные уравнения: математический маятник, уравнения Дюффинга. Исследование зависимости периода вращения от значения интеграла энергии. Отображение Чирикова. Число вращения.	лекции	Собеседование
2.	Системы с немонотонным вращением	Примеры систем с немонотонным вращением: маятниковые уравнения; уравнения типа Дюффинга; двумерные отображения цилиндра.	лекции	Собеседование
3.	Резонансы в линейных и квазилинейных системах	Резонансы в линейных системах. Резонансы в квазилинейных системах. Пример, проясняющий роль нелинейности и предельных циклов.	лекции	Собеседование
4	Резонансы в нелинейных системах	Резонансы в системах с 3/2 степенями свободы, близких к нелинейным гамильтоновым. Невырожденные и вырожденные резонансы. Резонансы в многочастотных системах	лекции	Собеседование

**4. Формы организации и контроля самостоятельной работы обучающихся**

*Самостоятельная работа обучающегося состоит в изучении конспектов лекций и основной литературы из списка для подготовки к кандидатскому экзамену по специальности. Вопросы для самоконтроля совпадают с экзаменационными вопросами.*

**5. Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине****5.1. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине.**

При выполнении всех работ учитываются следующие **основные критерии**:

- уровень теоретических знаний (подразумевается не только формальное воспроизведение информации, но и понимание предмета, которое подтверждается правильными ответами на дополнительные, уточняющие вопросы, заданные членами комиссии);
- умение использовать теоретические знания при анализе конкретных проблем, ситуаций;
- качество изложения материала, то есть обоснованность, четкость, логичность ответа, а также его полнота (то есть содержательность, не исключающая сжатости);
- способность устанавливать внутри- и межпредметные связи,
- оригинальность мышления, знакомство с дополнительной литературой и другие факторы.

***Описание шкалы оценивания на промежуточной аттестации в форме экзамена***

Оценка *отлично* – исчерпывающее владение программным материалом, понимание сущности рассматриваемых процессов и явлений, твердое знание основных положений дисциплины, умение применять концептуальный аппарат при анализе актуальных проблем. Логически последовательные, содержательные, конкретные ответы на все вопросы.

Оценка *хорошо* – достаточно полные знания программного материала, правильное понимание сути вопросов, знание определений, умение формулировать тезисы и аргументы. Ответы последовательные и в целом правильные, хотя допускаются неточности, поверхностное знакомство с отдельными теориями и фактами, достаточно формальное отношение к рекомендованным для подготовки материалам.

Оценка *удовлетворительно* – фрагментарные знания, расплывчатые представления о предмете. Ответ содержит как правильные утверждения, так и ошибки, возможно, грубые. Испытуемый плохо ориентируется в учебном материале, не может устранить неточности в своем ответе даже после наводящих вопросов.

Оценка *неудовлетворительно* – отсутствие ответа хотя бы на один из основных вопросов, либо грубые ошибки в ответах, полное непонимание смысла проблем, не достаточно полное владение терминологией.

## ***5.2. Примеры типовых контрольных заданий или иных материалов, используемых для оценивания результатов обучения по дисциплине***

### **Вопросы к зачету**

1. Интегрируемые и неинтегрируемые нелинейные гамильтоновы системы.
2. Системы с монотонным вращением:
  - 2.1. Математический маятник;
  - 2.2. Уравнение Дюффинга;
  - 2.3. Отображение Чирикова.
3. Маятниковые уравнения с немонотонным вращением.
4. Дюффинговые уравнения с немонотонным вращением.
5. Отображения цилиндра с немонотонным вращением.
  - 5.1. Основные определения и понятия.
  - 5.2. Резонансы в сохраняющих площадь отображениях цилиндра
  - 5.3. Отображение Ховарда
6. Резонансы в линейных системах
7. Резонансы в квазилинейных системах.
8. Пример, проясняющий роль нелинейности.
9. Пример, проясняющий роль предельных циклов.
10. Резонансы в системах с  $3/2$  степенями свободы, близких к нелинейным гамильтоновым.
  - 10.1. Определения.
  - 10.2. Преобразования исходной системы в окрестностях резонансных уровней в случае невырожденных резонансов
  - 10.3. Исследование системы первого приближения.
  - 10.4. Исследование системы второго приближения.
  - 10.5. Пример 1.  $\ddot{x} + x - x^3 = \varepsilon(\gamma\dot{x} + c \sin(2t))$ .

- 10.6. Преобразования исходной системы в окрестностях резонансных уровней в случае вырожденных резонансов
- 10.7. Исследование системы первого приближения. Связь с отображениями цилиндра.
11. Резонансы в небесной механике.

## **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.**

### **а) основная литература**

1. Морозов А.Д. Введение в математические методы нелинейной динамики. Электронное учебно-методическое пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2012. – 98 с. – Фонд электронных образовательных ресурсов ННГУ. Рег. № 480.12.06 <http://www.unn.ru/books/resources.html>.
2. Драгунов Т.Н., Морозов А.Д. Использование программы WInSet для визуализации и исследования динамических систем. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2007. – 89 с. Публикация в рамках Национального проекта «Образование». <http://www.unn.ru/pages/e-library/aids/2007/41.pdf>

### **б) дополнительная литература:**

1. Гребенников Е.А., Рябов Ю.А. Резонансы в небесной механике: [сб. работ]. М. ; Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2006. 316 с.
2. Морозов А.Д. Математические методы теории колебаний. Учебное пособие. Теория размерности и динамические системы: современный взгляд и приложения. - М.- Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2017. 144 с

### **в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы** <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mechanics.htm>

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

- помещения для проведения занятий: лекционного типа, семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования и помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ННГУ;
  - материально-техническое обеспечение, необходимое для реализации дисциплины, включая лабораторное оборудование;
  - лицензионное программное обеспечение: *Windows, Microsoft Office*;
  - обучающиеся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья обеспечиваются электронными и (или) печатными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.
- ресурсам.

Рабочая программа учебной дисциплины составлена в соответствии с учебным планом, Положением о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

(адъюнктуре) (Постановление Правительства РФ от 30.11.2021 № 2122), Федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре) (Приказ Минобрнауки РФ от 20.10.2021 № 951).

Авторы:

Авторы: профессор кафедры дифференциальных уравнений, математического и численного анализа Морозов А.Д.

Рецензент(ы) \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Программа одобрена на заседании методической комиссии Института информационных технологий, математики и механики от 01.12.2021 №2.