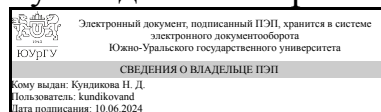


# ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель направления



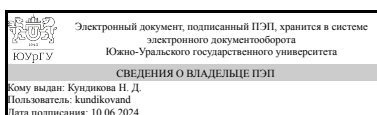
Н. Д. Кундикова

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины** ФД.01 Введение в нелинейную физику  
**для направления** 03.04.01 Прикладные математика и физика  
**уровень** Магистратура  
**форма обучения** очная  
**кафедра-разработчик** Оптоинформатика

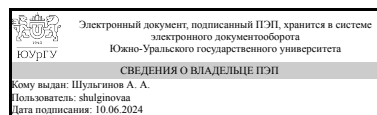
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 03.04.01 Прикладные математика и физика, утверждённым приказом Минобрнауки от 07.08.2020 № 898

Зав.кафедрой разработчика,  
д.физ.-мат.н., проф.



Н. Д. Кундикова

Разработчик программы,  
к.физ.-мат.н., доц., доцент



А. А. Шульгинов

## 1. Цели и задачи дисциплины

Целями освоения дисциплины «Введение в нелинейную физику» являются получение базовых знаний по методам современной нелинейной теоретической и математической физики. При освоении дисциплины вырабатывается общефизическая и общематематическая культура: умение логически мыслить, устанавливать логические связи между физическими явлениями, применять полученные знания для понимания и моделирования физических процессов, умение использовать полученные знания для решения задач из других областей физики.

## Краткое содержание дисциплины

Методы современной нелинейной теоретической и математической физики, включая следующие темы. Колебания ангармонического осциллятора. Динамика систем с двумя степенями свободы. Нелинейные колебания в системе с конечным числом степеней свободы. Физически важные нелинейные эволюционные уравнения. Точные методы интегрирования нелинейных эволюционных уравнений.

## 2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

| Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)                                                                                                                                                        | Планируемые результаты обучения по дисциплине                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-1 Способен применять фундаментальные и прикладные знания в области физико-математических и (или) естественных наук для решения профессиональных задач, в том числе в сфере педагогической деятельности | Знает: основные достижения нелинейной физики; основные точно решаемые теоретические модели нелинейных физических явлений, точные и приближенные методы решения нелинейных уравнений математической физики, теории нелинейных колебаний и волн в различных физических системах.<br>Умеет: использовать математический аппарат теории нелинейных физических явлений для решения профессиональных задач.<br>Имеет практический опыт: решения нелинейных уравнений математической физики |

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

| Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана                 | Перечень последующих дисциплин, видов работ |
|-------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| ФД.02 Динамическая голография,<br>1.О.06 Взаимодействие излучения с веществом | Не предусмотрены                            |

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

| Дисциплина                                  | Требования                                                                                                                          |
|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.О.06 Взаимодействие излучения с веществом | Знает: процессы взаимодействия с веществом быстрых заряженных частиц, рентгеновского и гамма излучения, основы теории кинетического |

|                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                               | уравнения Больцмана; , методы решения уравнения переноса, основанные на преобразованиях Фурье, Лежандра, Лапласа; фундаментальные основы, подходы и методы математики, теоретической физики для описания процессов взаимодействия частиц с веществом. Умеет: формулировать основные уравнения теории столкновений и теории переноса; , находить приемлемые для конкретной задачи переноса излучения преобразования; применять знания фундаментальных основ, подходов и методов математики, теоретической физики для описания процессов взаимодействия частиц с веществом. Имеет практический опыт: выполнения преобразований Фурье, Лежандра, Лапласа; использования современных подходов и методов теоретической физики к описанию и анализу процессов взаимодействия частиц с веществом |
| ФД.02 Динамическая голография | Знает: основные понятия динамической голографии, виды голограмм, виды взаимодействия на них световых пучков, оптические системы на основе динамических голограмм; математические модели, описывающие возникновение динамических решеток в некоторых средах Умеет: Имеет практический опыт: расчета оптических характеристик динамических голограмм и некоторых процессов взаимодействия на них световых волн;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

#### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 з.е., 72 ч., 20,25 ч. контактной работы

| Вид учебной работы                                                         | Всего часов | Распределение по семестрам |
|----------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------------------|
|                                                                            |             | в часах                    |
|                                                                            |             | Номер семестра             |
|                                                                            |             | 3                          |
| Общая трудоёмкость дисциплины                                              | 72          | 72                         |
| <i>Аудиторные занятия:</i>                                                 | 16          | 16                         |
| Лекции (Л)                                                                 | 0           | 0                          |
| Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ) | 16          | 16                         |
| Лабораторные работы (ЛР)                                                   | 0           | 0                          |
| <i>Самостоятельная работа (СРС)</i>                                        | 51,75       | 51,75                      |
| Подготовка к зачёту                                                        | 16          | 16                         |
| Подготовка докладов                                                        | 35,75       | 35.75                      |
| Консультации и промежуточная аттестация                                    | 4,25        | 4,25                       |
| Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)                                   | -           | зачет                      |

## 5. Содержание дисциплины

| №<br>раздела | Наименование разделов дисциплины                                  | Объем аудиторных занятий по<br>видам в часах |   |    |    |
|--------------|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---|----|----|
|              |                                                                   | Всего                                        | Л | ПЗ | ЛР |
| 1            | Колебания ангармонического осциллятора                            | 2                                            | 0 | 2  | 0  |
| 2            | Динамика систем с двумя степенями свободы                         | 2                                            | 0 | 2  | 0  |
| 3            | Нелинейные колебания в системе с конечным числом степеней свободы | 4                                            | 0 | 4  | 0  |
| 4            | Физически важные нелинейные эволюционные уравнения                | 4                                            | 0 | 4  | 0  |
| 5            | Точные методы интегрирования нелинейных эволюционных уравнений    | 4                                            | 0 | 4  | 0  |

### 5.1. Лекции

Не предусмотрены

### 5.2. Практические занятия, семинары

| №<br>занятия | №<br>раздела | Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Кол-<br>во<br>часов |
|--------------|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| 1            | 1            | Колебания ангармонического осциллятора. Метод фазовой плоскости. Особые точки. Осциллятор Дюффинга и методы его приближенные решения. Элементы эллиптических функций Якоби. Предельный цикл. Уравнение Ван-дер-Поля.                                                                                                                                                     | 2                   |
| 2            | 2            | Динамика систем с двумя степенями свободы. Колебания двух связанных ангармонических осцилляторов. Бифуркации решений. Дискретная модель с самолокализацией. Интегрируемые нелинейные уравнения движения систем с двумя степенями свободы. Качественный анализ, допускающий обобщение на любое число степеней свободы.                                                    | 2                   |
| 3            | 3            | Нелинейные колебания в системе с конечным числом степеней свободы. Локализация возбуждений в системе трех связанных осцилляторов. Динамика четырех связанных осцилляторов Дюффинга. Цепочка связанных ангармонических осцилляторов.                                                                                                                                      | 4                   |
| 4            | 4            | Физически важные нелинейные эволюционные уравнения. Эвристический метод получения нелинейных волновых уравнений. Нелинейные волны в среде без дисперсии и диссипации. Волны в среде с диссипацией и дисперсией. Распространение волновых пакетов, нелинейное уравнение Шредингера. Модулированные волны в нелинейных средах. Нелинейные уравнения в неустойчивых средах. | 4                   |
| 5            | 5            | Точные методы интегрирования нелинейных эволюционных уравнений. Законы сохранения уравнения Кортевега-де-Вриза (КДВ) и преобразования Миуры. Метод обратной задачи рассеяния для уравнения КДВ. Многосолитонные решения. Обратная задача рассеяния в формулировке Лакса.                                                                                                 | 4                   |

### 5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

### 5.4. Самостоятельная работа студента

| Выполнение СРС      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |         |              |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|--------------|
| Подвид СРС          | Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Семестр | Кол-во часов |
| Подготовка к зачёту | Учебно-методические материалы в электронном виде [1, гл. 1-11; 2, гл. 1-15; 3, гл. 1-11; 4, гл. 1-11]                                                                                                                                                                                                                                                                    | 3       | 16           |
| Подготовка докладов | Методические пособия для самостоятельной работы студента [1]; Научные журналы: Russian Journal of Nonlinear Dynamics; International Journal of Non-Linear Mechanics; Chaos, Solitons & Fractals; Physica D (Nonlinear Phenomena); Physics Letters A; Chaos; International Journal of Bifurcation and Chaos (IJBC) in Applied Sciences and Engineering; Physical Review E | 3       | 35,75        |

## 6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

### 6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

| № КМ | Се-местр | Вид контроля             | Название контрольного мероприятия | Вес | Макс. балл | Порядок начисления баллов                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Учитывается в ПА |
|------|----------|--------------------------|-----------------------------------|-----|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| 1    | 3        | Текущий контроль         | Доклад                            | 1   | 3          | Оценивается доклад на 3 балла:<br>0 - доклад не подготовлен.<br>1 - в докладе отсутствует основное содержание.<br>2 - доклад не содержит некоторые существенные пункты. Материалы, использованные в докладе, взяты из российских и иностранных источников не старше 5 лет.<br>3 - доклад сделан на высоком уровне, студент свободно отвечает на вопросы. | зачет            |
| 2    | 3        | Промежуточная аттестация | Зачёт                             | -   | 9          | В каждом билете три вопроса. Каждый вопрос оценивается в 3 балла. Максимальный балл по билету - 9 баллов.<br>0 - ответ на вопрос не изложен,<br>1 - ответ содержит существенные недостатки,<br>2 - ответ содержит ошибки,<br>3 - ответ дан без ошибок или ошибки несущественные.                                                                         | зачет            |

### 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

| Вид промежуточной аттестации | Процедура проведения                                                                                                                                                                                       | Критерии оценивания                     |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| зачет                        | На зачёте студент получает билет. На письменный ответ по нему даётся 2 академических часа, после чего студент отвечает устно по этим вопросам. Прохождение промежуточной аттестации является обязательным. | В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения |

### 6.3. Паспорт фонда оценочных средств

| Компетенции | Результаты обучения                                                                                                                                                                                                                                                            | № КМ |   |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|---|
|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                | 1    | 2 |
| ОПК-1       | Знает: основные достижения нелинейной физики; основные точно решаемые теоретические модели нелинейных физических явлений, точные и приближенные методы решения нелинейных уравнений математической физики, теории нелинейных колебаний и волн в различных физических системах. | +    | + |
| ОПК-1       | Умеет: использовать математический аппарат теории нелинейных физических явлений для решения профессиональных задач.                                                                                                                                                            | +    | + |
| ОПК-1       | Имеет практический опыт: решения нелинейных уравнений математической физики                                                                                                                                                                                                    | +    | + |

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Печатная учебно-методическая документация

#### а) основная литература:

Не предусмотрена

#### б) дополнительная литература:

Не предусмотрена

#### в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

Не предусмотрены

#### г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Методические указания для студентов

#### из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Методические указания для студентов

### Электронная учебно-методическая документация

| № | Вид литературы      | Наименование ресурса в электронной форме          | Библиографическое описание                                                                                                                                                                   |
|---|---------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Основная литература | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Ахромеева, Т.С. Структуры и хаос нелинейных средах. [Электронный ресурс] / Т.С. Ахромеева, С.П. Курдумов, Г.Г. Малинецкий, А.А. Самарский. — Электрон. дан. — М. : Физматлит, 2007. — 488 с. |

|   |                           |                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|---|---------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   |                           |                                                   | <a href="http://e.lanbook.com/book/2094">http://e.lanbook.com/book/2094</a>                                                                                                                                                                                                       |
| 2 | Основная литература       | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Полянин, А.Д. Методы решения нелинейных уравнений математической физики и механики. [Электронный ресурс] / А.Д. Полянин, В.Ф. Зайцев, А.И. Журов. — Электрон. дан. — М. : Физматлит, 2009. — 256 с. <a href="http://e.lanbook.com/book/59377">http://e.lanbook.com/book/59377</a> |
| 3 | Дополнительная литература | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Полянин, А. Д. Справочник. Нелинейные уравнения математической физики (точные решения) : справочник / А. Д. Полянин, В. Ф. Зайцев. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2002. — 475 с. <a href="https://e.lanbook.com/book/2382">https://e.lanbook.com/book/2382</a>                             |
| 4 | Дополнительная литература | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Чуличков, А. И. Математические модели нелинейной динамики : учебное пособие / А. И. Чуличков. — 2-е изд. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2003. — 296 с. <a href="https://e.lanbook.com/book/59325">https://e.lanbook.com/book/59325</a>                                                     |

Перечень используемого программного обеспечения:

Нет

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Нет

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

| Вид занятий                     | № ауд.   | Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий |
|---------------------------------|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Практические занятия и семинары | 504 (16) | Мультимедийное оборудование                                                                                                                      |