



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФГБОУ ВО «ИГУ»

**Кафедра радиофизики и радиоэлектроники**



УТВЕРЖДАЮ

Декан ~~\_\_\_\_\_~~ Буднев Н.М.

«20» апреля 2023 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Наименование дисциплины **Б1.О.19. Волны в сплошных средах**

Направление подготовки **03.03.03 Радиофизика**

Направленность (профиль) подготовки **Радиофизика в области связи, информационных и телекоммуникационных технологий**

Квалификация выпускника **бакалавр**

Форма обучения **очная**

Согласовано с УМК физического факультета

Протокол №38 от «18» апреля 2023 г.

Председатель ~~\_\_\_\_\_~~ Буднев Н.М.

Рекомендовано кафедрой радиофизики и радиоэлектроники:

Протокол № 7 от «27» февраля 2023 г.

И.О. зав. кафедрой ~~\_\_\_\_\_~~ Колесник С.Н.

Иркутск 2023 г.

## Содержание

|   |   |
|---|---|
| I. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ .....   | 3 |
| II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО .....  | 3 |
| III. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....   | 3 |
| IV. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ .....   | 4 |
| 4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов ..... | 4 |
| 4.2. План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....  | 5 |
| 4.3. Содержание учебного материала .....  | 6 |
| 4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ .....  | 6 |
| 4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС) .....                        | 7 |
| 4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.....   | 7 |
| 4.5. Примерная тематика курсовых работ .....  | 7 |
| V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....  | 7 |
| VI. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....  | 7 |
| 6.1. Учебно-лабораторное оборудование: .....  | 7 |
| 6.2. Программное обеспечение: .....   | 8 |
| 6.3. Технические и электронные средства: .....  | 8 |
| VII. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ .....   | 8 |
| VIII. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ .....  | 8 |

## I. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цели:** дать студентам основные представления о физике твердого тела, гидродинамики, газодинамики и теории плазмы и, главным образом, механизмах возникновения колебаний и волн в этих средах.

**Задачи:** научить студентов основам физики сплошных сред и волновой физики, а также дать представление о современных проблемах в этих областях.

## II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Учебная дисциплина (модуль) Б1.О.19. Волны в сплошных средах относится к обязательной части программы.

Для изучения данной учебной дисциплины (модуля) необходимы знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами: математический анализ, дифференциальные и интегральные уравнения, теория колебаний.

Перечень последующих учебных дисциплин, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной: распространение электромагнитных волн, излучение и распространение радиоволн.

## III. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по направлению подготовки **03.03.03 Радиофизика**.

**Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций**

| <b>Компетенция</b>   | <b>Индикаторы компетенций</b>  | <b>Результаты обучения</b>  |
|--|--|---|
| <i>ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физики и радиофизики и использовать их в профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности.</i> | <i>ИДК ОПК1.1. Применяет базовые знания в области физики и радиофизики для решения научно-исследовательских задач.</i> | <b>Знать:</b> основные понятия волновых процессов и явлений<br><b>Уметь:</b> записывать и решать основные волновые уравнения<br><b>Владеть:</b> терминологией физики волновых процессов |

#### IV. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Объем дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 часов,

Форма промежуточной аттестации: зачет с оценкой

##### 4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов

| №<br>п/н | Раздел дисциплины/тема        | Семестр | Всего часов | Из них практическая<br>подготовка обучающихся | Виды учебной работы,<br>включая самостоятельную работу обучающихся,<br>практическую подготовку и трудоемкость<br>(в часах) |                         |              |                           | Форма текущего<br>контроля<br>успеваемости |
|----------|-------------------------------|---------|-------------|---|--|-------------------------|--------------|---------------------------|--|
|          |                               |         |             |   | Контактная работа преподавателя с<br>обучающимися  |                         |              | Самостоятельная<br>работа |  |
|          |                               |         |             |   | Лекция   | Практическое<br>занятие | Консультация |                           |  |
| 1        | 2                             | 3       | 4           | 5   | 6  | 7                       | 8            | 9                         | 10   |
| 1        | Тема 1. Введение              | 4       | 13,2        |   | 4  | 2                       | 0,2          | 7                         | Устный опрос,<br>работа у доски            |
| 2        | Тема 2. Основы теории волн    | 4       | 20,2        |   | 8  | 4                       | 0,2          | 8                         |  |
| 3        | Тема 3. Волны в гидродинамике | 4       | 26,2        |   | 12   | 6                       | 0,2          | 8                         |  |
| 4        | Тема 4. Волны в плазме        | 4       | 20,2        |   | 8  | 4                       | 0,2          | 8                         |  |
| 5        | Тема 5. Нелинейные волны      | 4       | 20,2        |   | 8  | 4                       | 0,2          | 8                         |  |

#### 4.2. План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

| Семестр  | Название раздела, темы        | Самостоятельная работа обучающихся                                       |                  |                     | Оценочное средство | Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы |
|--|-------------------------------|--|------------------|---------------------|--------------------|--|
|  |                               | Вид самостоятельной работы   | Сроки выполнения | Трудоемкость (час.) |                    |  |
| 1  | Тема 1. Введение              | Работа с учебником, справочной литературой, первоисточниками, конспектом | 1-3 нед.         | 7                   | Устный контроль    |  |
| 2  | Тема 2. Основы теории волн    |  | 4-7 нед.         | 8                   |                    |  |
| 3  | Тема 3. Волны в гидродинамике |  | 8-13 нед.        | 8                   |                    |  |
| 4  | Тема 4. Волны в плазме        |  | 14-17 нед.       | 8                   |                    |  |
| 5  | Тема 5. Нелинейные волны      |  | 18-20 нед.       | 8                   |                    |  |
| Общий объем самостоятельной работы по дисциплине (час) |                               |  |                  | <b>39</b>           |                    |  |

### 4.3. Содержание учебного материала

1. Введение
  1. Понятие о сплошной среде. Твердое тело, жидкость, газ, плазма, поле. Число Кнудсена. Область приложений и современные проблемы механики сплошных сред.
  2. Твердое тело. Деформация. Закон Гука. Простейшие примеры деформаций.
  3. Волны в твердом теле. Продольные волны в стержне. Поперечные колебания струны. Волновое уравнение.
2. Основы теории волн
  4. Каноническое волновое уравнение. Примеры решений: стоячие волны, бегущие волны, формальное решение. Граничные условия.
  5. Дисперсионное уравнение. Волновое число. Фазовая скорость.
  6. Распространение волнового пакета. Групповая скорость.
3. Основы гидродинамики
  7. Основы гидродинамики. Подходы к описанию движения жидкости по Эйлеру и Лагранжу. Система уравнений гидродинамики. Полнота системы уравнений. Стационарное течение. Формула Бернулли.
  8. Потенциальное и вихревое течение идеальной несжимаемой жидкости.
  9. Волны на поверхности жидкости. Волны на глубокой воде. Волны на мелкой воде.
  10. Волны на границе раздела сред. Неустойчивость Рэлея-Тейлора.
  11. Движение сжимаемой жидкости (газа). Основы акустики. Звуковые волны. Внутренние гравитационные волны.
4. Основы магнитной гидродинамики
  12. Основы теории плазмы как сплошной среды. Условие квазинейтральности. Радиус Дэбая. Плазменная частота.
  13. Плазма в электрических и магнитных полях. Траектории частиц. Дрейф плазмы.
  14. Волны в плазме. Ионно-звуковые волны. Магнитный звук. Альфвеновские волны.
  15. Затухание Ландау.
  16. Движение вязкой жидкости. Уравнение Навье-Стокса. Примеры простейших течений вязкой жидкости.
  17. Принцип подобия. Число Рейнольдса. Формула Стокса.
5. Современные проблемы теории волн в сплошных средах
  18. Нелинейные волны Римана. Разрывы.
  19. Нелинейные волны в диссипативной среде. Уравнение Бюргера. Ударные волны. Примеры решений.
  20. Нелинейные волны в дисперсионной среде. Уравнение КдФ. Понятие солитона.

#### 4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

| № п/н | № раздела и темы | Наименование семинаров, практических и лабораторных работ | Трудоемкость (час.) |                                | Оценочные средства              | Формируемые компетенции     |
|-------|------------------|---|---------------------|--------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|
|       |                  |   | Всего часов         | Из них практическая подготовка |                                 |                             |
| 1     | 2                | 3   | 4                   | 5                              | 6                               | 7                           |
| 1     | Тема 1.          | Основы теории волн  | 2                   |                                | Устный контроль, работа у доски | ОПК-1,<br>ИДК <i>опк1.1</i> |
| 2     | Тема 2.          | Волновые уравнения  | 4                   |                                |                                 |                             |
| 3     | Тема 3.          | Гидродинамика   | 6                   |                                |                                 |                             |
| 5     | Тема 4.          | Волны в плазме  | 4                   |                                |                                 |                             |
| 6     | Тема 5.          | Нелинейные волны  | 4                   |                                |                                 |                             |

#### 4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС)

| № п/п | Тема    | Задание                      | Формируемая компетенция | ИДК               |
|-------|---------|------------------------------|-------------------------|-------------------|
| 1     | 2       | 3                            | 4                       | 5                 |
| 1     | Тема 1. | Осмысление материала лекций. | ОПК-1                   | <i>ИДК ОПК1.1</i> |
| 2     | Тема 2. | Осмысление материала лекций. |                         |                   |
| 3     | Тема 3. | Осмысление материала лекций. |                         |                   |
| 4     | Тема 4. | Осмысление материала лекций. |                         |                   |
| 5     | Тема 5. | Осмысление материала лекций. |                         |                   |

#### 4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов заключается в проработке лекционных конспектов и анализе практических задач.

#### 4.5. Примерная тематика курсовых работ

Выполнение курсовых работ не предусмотрено учебным планом

### V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### а) перечень литературы

1. Колебания и волны, Дубнищев Ю.Н., издательство «Лань», 2022, 384 с., 978-5-8114-1183-2 (<https://e.lanbook.com/book/210578>)
2. Механика сплошных сред. Ч. 1: Гидродинамика: учебное пособие, Ханефт А.В., Кемеровский государственный университет, 2018, 123 с., 978-5-8353-2283-1 (<https://e.lanbook.com/book/111475>)
3. Основы физики плазмы, Голант В. Е., Жилинский А. П., Сахаров И. Е., издательство «Лань», 2022, 448 с., 978-5-8114-1198-6 (<https://e.lanbook.com/book/210629>)

#### б) периодические издания

#### в) список авторских методических разработок

#### г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. Поисковые системы Google, Yandex.
2. Электронные ресурсы доступные по логину и паролю, предоставляемые Научной библиотекой ИГУ.

### VI. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 6.1. Учебно-лабораторное оборудование:

Класс ЭВМ, аудитория 317, оснащенная вычислительной техникой, специальным ПО и свободным доступом в сеть Internet.

## 6.2. Программное обеспечение:

- 1) Пакет SageMat
- 2) Пакет MatLab

## 6.3. Технические и электронные средства:

В ходе учебного процесса используются технические средства обучения и контроля знаний студентов (презентации, контролирующих программ, демонстрационных установок), использование которых предусмотрено методической концепцией преподавания

## VII. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

На лекциях используются активные методы обучения (компьютерных симуляций, разбор конкретных ситуаций). Практические занятия с решением практических задач у доски.

## VIII. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Текущий контроль осуществляется путем устного опроса студентов на практических занятиях, а также решением задач студентами у доски.

Примерный вариант задач для решения на практических занятиях:

- 1) Определить длину волны, распространяющуюся в недиспергирующей среде с периодом 2 с и фазовой скоростью 10 м/с
- 2) Определить ширину первой зоны Френеля для акустических волн в воздухе, если расстояние между источником и приемником 1 км

Промежуточная аттестация проходит в форме устного зачета по билетам.

Пример тестовых заданий для проверки сформированности компетенции ОПК-1:

- 1) Название наибольшего значения плазменной частоты в ионосфере?
  - a) ленгмюровская
  - b) критическая
  - c) гирочастота
  - d) верхнегибридная
- 2) Название круга физических явлений, обусловленных зависимостью фазовой скорости волны от частоты или волнового вектора?
  - a) диссипация
  - b) нелинейность
  - c) автоволны
  - d) дисперсия
- 3) Название локализованного в пространстве волнового возмущения, состоящего из близких по спектру бегущих волн?
  - a) волновой пакет
  - b) волновой фронт
  - c) импульс
  - d) солитон
- 4) Одно из основных уравнений гидродинамики, аналог второго закона Ньютона?
  - a) уравнение Бюргерса
  - b) уравнение Кортевега-де-Фриза
  - c) уравнение Эйлера
  - d) уравнение Римана



**Разработчик:**



доцент, Безлер И.В.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учитывает рекомендации ПООП по направлению и профилю подготовки **03.03.03 Радиофизика**.

Программа рассмотрена на заседании кафедры радиофизики и радиоэлектроники «27» февраля 2023 г. протокол № 7

И.О. зав. кафедрой  Колесник С.Н.

*Настоящая программа, не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.*