

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования "Пермский
государственный национальный исследовательский
университет"**

Кафедра теоретической физики

Авторы-составители: **Голдобин Денис Сергеевич
Циберкин Кирилл Борисович
Демин Виталий Анатольевич**

Рабочая программа дисциплины
ТЕОРИЯ ВОЛНОВЫХ ПРОЦЕССОВ
Код УМК 73352

Утверждено
Протокол №6
от «04» июня 2021 г.

Пермь, 2021

1. Наименование дисциплины

Теория волновых процессов

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в вариативную часть Блока « Б.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление: **03.03.02** Физика

направленность Фундаментальная физика

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Теория волновых процессов** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

03.03.02 Физика (направленность : Фундаментальная физика)

ПК.1 Способен использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин

Индикаторы

ПК.1.1 Осваивает новые теоретические и экспериментальные методы исследования

4. Объем и содержание дисциплины

| | |
|---|--|
| Направления подготовки | 03.03.02 Физика (направленность: Фундаментальная физика) |
| форма обучения | очная |
| №№ триместров, выделенных для изучения дисциплины | 8 |
| Объем дисциплины (з.е.) | 3 |
| Объем дисциплины (ак.час.) | 108 |
| Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе: | 42 |
| Проведение лекционных занятий | 28 |
| Проведение практических занятий, семинаров | 14 |
| Самостоятельная работа (ак.час.) | 66 |
| Формы текущего контроля | Входное тестирование (1) Итоговое контрольное мероприятие (1) Письменное контрольное мероприятие (2) |
| Формы промежуточной аттестации | Зачет (8 триместр) |

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Теория волновых процессов. Первый семестр

Введение. Примеры волновых процессов

Волны в распределенных системах. Основные понятия в теории волновых процессов. Примеры волн. Волны в системах с сосредоточенными параметрами. Цепочечные уравнения, решения в виде волн. «Одномерный кристалл». Переход к сплошноредному описанию.

Дисперсионные соотношения

Получение дисперсионных соотношений. Общее решение волнового уравнения в виде интеграла Фурье. Групповая и фазовая скорость. Уравнения движения для волнового числа и частоты. Энергия волн.

Неустойчивость. Усиление и непропускание

Устойчивость ограниченных и бесконечных систем. Абсолютная и конвективная неустойчивость и их разделение. Метод характеристик. Усиление и непропускание. Критерии разделения. Критерий Бриггса.

Уравнение простых волн

Метод характеристик. Решение задачи с начальными условиями. Обрушение волн. Координаты разрыва. Роль диссипации, структура разрыва. Уравнение Бюргерса. Замена Коула-Хопфа. Поведение решения для малой вязкости.

Уравнение Кортевега-де Фриза

Уравнение КдФ для гравитационных волн на мелкой воде. Периодические решения. Солитон. Метод обратной задачи рассеяния.

Нелинейное уравнение Шредингера

Вывод НУШ для распространения электромагнитных волн в среде с нелинейной дисперсией. Одномерное НУШ: условие устойчивости, модуляция волн. НУШ в трехмерном случае: условие устойчивости. Нелинейное решение, соответствующее самофокусировке.

Волны в бистабильных и активных средах

Волны переключения в бистабильных средах. Фронты горения. Скорость распространения фронта. Предельные случаи малых и больших скоростей. Вариационный принцип. Волны в активных средах. Скорость волны переключения.

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная:

1. Кузнецов А. П. Нелинейность. От колебаний к хаосу: Задачи и учебные программы/Кузнецов А. П.- Москва, Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2013, ISBN 5-93972-514-7.-188.
<http://www.iprbookshop.ru/16576>
2. Иванов А. С. Основы теории колебаний: колебания динамических систем. Методы решения задач: учебное пособие/А. С. Иванов.-Пермь: ПГНИУ, 2017, ISBN 978-5-7944-2932-9.-115.-Библиогр.: с. 113-114
3. Дубнищев, Ю. Н. Колебания и волны : учебное пособие / Ю. Н. Дубнищев. — Новосибирск : Сибирское университетское издательство, 2017. — 328 с. — ISBN 978-5-379-02002-6. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт].
<http://www.iprbookshop.ru/65275.html>

Дополнительная:

1. Иродов И. Е. Волновые процессы. Основные законы / И. Е. Иродов. — 5-е изд., испр. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. — 263 с.: ил. — ISBN 978-5-9963-0250-5. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система БиблиоТех : [сайт]. <https://bibliotech.psu.ru/Reader/Book/8637>
2. Баев, В. К. Теория колебаний : учебное пособие для академического бакалавриата / В. К. Баев. — 2-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 348 с. — (Университеты России). — ISBN 978-5-534-08527-3. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. <https://www.urait.ru/bcode/442294>
3. Ландау Л. Д. Теоретическая физика. учебное пособие для студентов физических специальностей университетов : в 10 т. Т. 8. Электродинамика сплошных сред/Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; ред. Л. П. Питаевский.-Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2005, ISBN 5-9221-0123-4.-656

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

<http://library.psu.ru/node/738> Ресурсы Научной библиотеки ПГНИУ

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Образовательный процесс по дисциплине **Теория волновых процессов** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

- доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС)
- доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.
- Интернет-сервисы и электронные ресурсы (поисковые системы, электронная почта и т.д.)

Перечень необходимого лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения:

- приложение, позволяющее просматривать PDF-файлы
- офисный пакет приложений «LibreOffice».

Дополнительный перечень используемых информационных технологий определяется преподавателями дисциплины.

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ (student.psu.ru).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

- система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).
- система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.
- система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для лекционных занятий требуется аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения практических занятий - аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для групповых (индивидуальных) консультаций - аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения текущего контроля - аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.
Самостоятельная работа студентов: аудитория, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», с обеспеченным доступом в электронную информационно-образовательную среду университета, помещения Научной библиотеки ПГНИУ

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютера с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине
Теория волновых процессов**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции.
Индикаторы и критерии их оценивания**

ПК.1

**Способен использовать специализированные знания в области физики для освоения
профильных физических дисциплин**

| Компетенция (индикатор) | Планируемые результаты обучения | Критерии оценивания результатов обучения |
|--|--|---|
| <p>ПК.1.1 Осваивает новые теоретические и экспериментальные методы исследования</p> | <p>Знать: уравнение Бюргерса и его свойства, уравнение Кортевега-де Фриза, нелинейное уравнение Шредингера и их свойства. Уметь: применять метод характеристик к решению задач с начальными условиями, анализировать одномерное и трехмерное НУШ, описывать фронты горения. Владеть: методами описания обрушения волн, определения координаты разрыва, критериев самофокусировки, методом обратной задачи рассеяния.</p> | <p align="center">Неудовлетворител</p> <p>Не знает уравнение Бюргерса, уравнение Кортевега-де Фриза, нелинейное уравнение Шредингера и их свойства. Не умеет применять метод характеристик к решению задач с начальными условиями, находить периодические решения и солитоны. Не владеет методами описания обрушения волн, нахождения координаты разрыва, методом обратной задачи рассеяния</p> <p align="center">Удовлетворительн</p> <p>Общие, но не структурированные знания уравнения Бюргерса, уравнения Кортевега-де Фриза, нелинейного уравнения Шредингера и их свойств. Демонстрирует частично сформированное умение применять метод характеристик к решению задач с начальными условиями, анализировать одномерное и трехмерное НУШ, описывать фронты горения. Имеет представление о методах описания обрушения волн, определения координаты разрыва, критериев самофокусировки, методе обратной задачи рассеяния.</p> <p align="center">Хорошо</p> <p>Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания уравнения Бюргерса, уравнения Кортевега-де Фриза, нелинейного уравнения Шредингера и их свойств. В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы умения применять метод характеристик к решению задач с начальными условиями, анализировать одномерное и трехмерное НУШ, описывать фронты горения. В целом успешно, но с отдельными пробелами владеет методами</p> |

| Компетенция (индикатор) | Планируемые результаты обучения | Критерии оценивания результатов обучения |
|----------------------------|------------------------------------|--|
| | | <p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>описания обрушения волн, определения координаты разрыва, критериев самофокусировки, методом обратной задачи рассеяния</p> <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Сформированные систематические знания уравнения Бюргерса, уравнения Кортевега-де Фриза, нелинейного уравнения Шредингера и их свойств. Сформированное умение применять метод характеристик к решению задач с начальными условиями, анализировать одномерное и трехмерное НУШ, описывать фронты горения. Успешное и систематическое применение методов описания обрушения волн, определения координаты разрыва, критериев самофокусировки, метода обратной задачи рассеяния.</p> |

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : СУОС 2020

Вид мероприятия промежуточной аттестации : Зачет

Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации : Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

Максимальное количество баллов : 100

Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 43 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 43 балла

| Компетенция (индикатор) | Мероприятие текущего контроля | Контролируемые элементы результатов обучения |
|--|---|--|
| Входной контроль | Введение. Примеры волновых процессов Входное тестирование | Умение описывать затухающие и гармонические колебания, строить волновые решения для линейных уравнений в частных производных |
| ПК.1.1 Осваивает новые теоретические и экспериментальные методы исследования | Уравнение простых волн Письменное контрольное мероприятие | Знание уравнений Бюргерса, метода характеристик |
| ПК.1.1 Осваивает новые теоретические и экспериментальные методы исследования | Уравнение Кортевега-де Фриза Письменное контрольное мероприятие | Уравнение Кортевега-де Фриза, периодические решения и солитоны |
| ПК.1.1 Осваивает новые теоретические и экспериментальные методы исследования | Волны в бистабильных и активных средах Итоговое контрольное мероприятие | Нелинейное уравнение Шредингера. Теория бистабильных сред, фронты горения. Вариационный принцип. |

Спецификация мероприятий текущего контроля

Введение. Примеры волновых процессов

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **.5 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **0**

Проходной балл: **0**

| Показатели оценивания | Баллы |
|--|-------|
| Гиперболическое линейное уравнение второго порядка | 5 |
| Уравнение затухающих колебаний | |

| | |
|--|---|
| | |
| | 5 |

Уравнение простых волн

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

| Показатели оценивания | Баллы |
|---|-------|
| Обрушение волн. Координаты разрыва. Роль диссипации, структура разрыва. | 9 |
| Уравнение Бюргерса. Замена Коула-Хопфа. | 8 |
| Метод характеристик. Решение задачи с начальными условиями. | 7 |
| Поведение решения для малой вязкости. | 6 |

Уравнение Кортевега-де Фриза

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

| Показатели оценивания | Баллы |
|---|-------|
| Метод обратной задачи рассеяния. | 9 |
| Солитоны | 8 |
| Периодические решения уравнения КдФ | 7 |
| Уравнение КдФ для гравитационных волн на мелкой воде. | 6 |

Волны в бистабильных и активных средах

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **17**

| Показатели оценивания | Баллы |
|--|-------|
| Волны переключения в бистабильных средах. | 10 |
| Волны в активных средах. | 9 |
| Нелинейное решение, соответствующее самофокусировке. | 8 |
| Фронты горения. Скорость распространения фронта. | 7 |
| Одномерное НУШ: условие устойчивости, модуляция волн | 6 |