

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное бюджетное 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 «08» июня 2020 г.

Пермь, 2020

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)

ОПК.7 способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач

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

4. Объем и содержание дисциплины

Направления подготовки	03.03.02 Физика (направленность: Фундаментальная физика)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	10
Объем дисциплины (з.е.)	3
Объем дисциплины (ак.час.)	108
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	42
Проведение лекционных занятий	14
Проведение практических занятий, семинаров	28
Самостоятельная работа (ак.час.)	66
Формы текущего контроля	Входное тестирование (1) Итоговое контрольное мероприятие (1) Письменное контрольное мероприятие (3)
Формы промежуточной аттестации	Зачет (10 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://psu.bibliotech.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 компьютерами 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 и
критерии их оценивания**

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ОПК.7 способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач</p>	<p>Знать: уравнение Бюргерса и его свойства, уравнение Кортевега-де Фриза для гравитационных волн на мелкой воде. Уметь: применять метод характеристик к решению задач с начальными условиями, . Владеть: методами описания обрушения волн, нахождения координаты разрыва, методом обратной задачи рассеяния.</p>	<p align="center">Неудовлетворител</p> <p>Не знает уравнение Бюргерса, уравнение Кортевега-де Фриза для гравитационных волн на мелкой воде. 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 для гравитационных волн на мелкой воде. Демонстрирует частично сформированное умение производить расчёты методом характеристик, находить периодические решения и солитоны, давать интерпретацию результатов. Имеет представление о методах описания обрушения волн, нахождения координаты разрыва, методе обратной задачи рассеяния</p> <p align="center">Хорошо</p> <p>Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания уравнения Бюргерса и его свойств, уравнения Кортевега-де Фриза для гравитационных волн на мелкой воде. В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы умения применять метод характеристик к решению задач с начальными условиями, находить периодические решения и солитоны. В целом успешно, но с отдельными пробелами владеет методами описания обрушения волн, нахождения координаты разрыва, методом обратной задачи рассеяния</p> <p align="center">Отлично</p>

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Сформированные систематические знания уравнения Бюргерса и его свойств, уравнения Кортевега-де Фриза для гравитационных волн на мелкой воде. Сформированное умение применять метод характеристик к решению задач с начальными условиями, находить периодические решения и солитоны. Успешное и систематическое применение методов описания обрушения волн, нахождения координаты разрыва, метода обратной задачи рассеяния.</p>
<p>ПК.1 способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин</p>	<p>Знать: нелинейное уравнение Шредингера и его свойства, понятия теории бистабильных сред. Уметь: анализировать одномерное и трехмерное НУШ, описывать фронты горения. Владеть: навыками нахождения критериев самофокусировки, вариационным принципом для волн в активных средах.</p>	<p style="text-align: center;">Неудовлетворител</p> <p>Не знает нелинейное уравнение Шредингера и его свойства, понятия теории бистабильных сред. Не умеет анализировать одномерное и трехмерное НУШ, описывать фронты горения. Не владеет методами нахождения критериев самофокусировки, вариационным принципом для волн в активных средах.</p> <p style="text-align: center;">Удовлетворительн</p> <p>Общие, но не структурированные знания нелинейного уравнения Шредингера и его свойств, понятий теории бистабильных сред. Демонстрирует частично сформированное умение анализировать одномерное и трехмерное НУШ, описывать фронты горения, давать интерпретацию результатов. Имеет представление о методах нахождения критериев самофокусировки, вариационном принципе для волн в активных средах.</p> <p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания нелинейного уравнения Шредингера и его свойств, понятий теории бистабильных сред. В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы умения анализировать одномерное и трехмерное НУШ, описывать фронты горения, давать интерпретацию результатов, контролировать правильность вычислений, самостоятельно приобретать новые знания. В целом успешно, но с отдельными пробелами</p>

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>владеет методами нахождения критериев самофокусировки, вариационным принципом для волн в активных средах.</p> <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Сформированные систематические знания нелинейного уравнения Шредингера и его свойств, понятий теории бистабильных сред. Сформированное умение анализировать одномерное и трехмерное НУШ, описывать фронты горения, давать интерпретацию результатов, контролировать правильность вычислений. Успешное и систематическое применение методов нахождения критериев самофокусировки, владение вариационным принципом для волн в активных средах.</p>

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : СУОС 1

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 44 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 44 балла

Компетенция	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
ОПК.7 способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач	Уравнение простых волн Письменное контрольное мероприятие	Знание уравнений Бюргера, метода характеристик
ОПК.7 способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач	Уравнение Кортевега-де Фриза Письменное контрольное мероприятие	Уравнение Кортевега-де Фриза, периодические решения и солитоны
ПК.1 способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин	Нелинейное уравнение Шредингера Письменное контрольное мероприятие	Нелинейное уравнение Шредингера в одномерном и трехмерном случае. Явление самофокусировки.

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
ПК.1 способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин	Волны в бистабильных и активных средах Итоговое контрольное мероприятие	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: **20**

Проходной балл: **9**

Показатели оценивания	Баллы
Уравнение Бюргерса. Замена Коула-Хопфа.	6
Метод характеристик. Решение задачи с начальными условиями.	5
Обрушение волн. Координаты разрыва. Роль диссипации, структура разрыва.	5
Поведение решения для малой вязкости.	4

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: **20**

Проходной балл: **9**

Показатели оценивания	Баллы
Солитоны	6
Уравнение КдФ для гравитационных волн на мелкой воде.	5
Метод обратной задачи рассеяния.	5
Периодические решения уравнения КдФ	4

Нелинейное уравнение Шредингера

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

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

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **20**

Проходной балл: **9**

Показатели оценивания	Баллы
Нелинейное решение, соответствующее самофокусировке.	6
Одномерное НУШ: условие устойчивости, модуляция волн.	5
НУШ в трехмерном случае: условие устойчивости.	5
Вывод НУШ для распространения электромагнитных волн в среде с нелинейной дисперсией.	4

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
Скорость волны переключения.	8
Фронты горения. Скорость распространения фронта.	7
Предельные случаи малых и больших скоростей фронта горения	6