

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

Кафедра теоретической физики

**Авторы-составители: Любимова Татьяна Петровна
Демин Виталий Анатольевич
Циберкин Кирилл Борисович**

Рабочая программа дисциплины

УДАРНЫЕ ВОЛНЫ

Код УМК 95907

Утверждено
Протокол №5
от «03» июня 2021 г.

Пермь, 2021

1. Наименование дисциплины

Ударные волны

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

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

Направление: **03.04.02** Физика

направленность Физика акустических и гидродинамических волновых процессов

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Ударные волны** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

03.04.02 Физика (направленность : Физика акустических и гидродинамических волновых процессов)

ПК.1 Способен использовать в своей научно-исследовательской деятельности знание современных проблем и новейших достижений физики

Индикаторы

ПК.1.1 Определяет цели и задачи современных научных исследований в области физики

ПК.2 Способен принимать участие в разработке новых задач, методов и подходов в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности

Индикаторы

ПК.2.2 Разрабатывает физические и математические модели, проводит компьютерное моделирование физических и технологических процессов

4. Объем и содержание дисциплины

Направления подготовки	03.04.02 Физика (направленность: Физика акустических и гидродинамических волновых процессов)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	4
Объем дисциплины (з.е.)	3
Объем дисциплины (ак.час.)	108
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	36
Проведение лекционных занятий	24
Проведение практических занятий, семинаров	12
Самостоятельная работа (ак.час.)	72
Формы текущего контроля	Входное тестирование (1) Итоговое контрольное мероприятие (1) Письменное контрольное мероприятие (2)
Формы промежуточной аттестации	Зачет (4 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Ударные волны (1 триместр)

Стационарная газодинамика

Дозвуковые и сверхзвуковые течения

Параметры подобия, характерные для газодинамики. Характеристическая поверхность

Стационарные потоки сжимаемого газа

Уравнение Бернулли. Стационарные потоки сжимаемого газа. Локальность скорости звука. Критическая точка. Критические характеристики различных термодинамических величин для идеального газа

Поверхности разрыва

Условия для скачков различных термодинамических величин. Классификация разрывов на ударные волны и тангенциальные разрывы. Устойчивость тангенциального разрыва.

Термодинамические условия существования ударных волн

Адиабата Гюгонио

Скачок уплотнения. Уравнение ударной адиабаты. Ударная волна слабой интенсивности. Скачки энтропии и плотности на поверхности разрыва

Ударные волны большой интенсивности

Направление изменения величин в ударной волне. Термодинамические условия, определяющие существование ударных волн. Сильные разрывы. Ударные волны в политропном газе.

Ударные волны в каналах

Распространение ударной волны по длинной трубе. Сопло Лавалья.

Ударная поляра

Косая ударная волна. Уравнение ударной поляры

Ширина ударных волн

Структура ударной волны

Диссипативные механизмы в потоках газов. Структура и ширина ударной волны. Скачки энтропии и давления с учетом механизмов диссипации.

Ударные волны в рамках теории нелинейных волновых процессов

Уравнение Бюргерса. Решение, соответствующее ударной волне.

Разрывы в магнитной гидродинамике

Волны в магнитной гидродинамике

Уравнения магнитной гидродинамики. Магнитогидродинамические волны.

Ударные магнитогидродинамические волны

Решения, соответствующие ударным магнитогидродинамическим волнам.

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. Зельдович, Я. Б. Теория ударных волн и введение в газодинамику / Я. Б. Зельдович. — Москва, Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, Институт компьютерных исследований, 2019. — 188 с. — ISBN 978-5-4344-0768-7. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/92114>
2. Райзер Ю. П. Введение в гидрогазодинамику и теорию ударных волн для физиков: учебное пособие / Ю. П. Райзер. - Долгопрудный: Интеллект, 2011, ISBN 978-5-91559-084-6. - 432. - Библиогр.: с. 430-431
3. Демин В. А. Ударные волны и акустические явления: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки магистров "Физика акустических и гидродинамических волновых процессов" / В. А. Демин. - Пермь: ПГНИУ, 2016, ISBN 978-5-7944-2787-5. - 1. <https://elis.psu.ru/node/391661>

Дополнительная:

1. Демин В. А. Ударные волны: учебно-методическое пособие для вузов / В. А. Демин. - Пермь, 2007, ISBN 5-7944-0955-x. - 36. - Библиогр.: с. 35
2. Корель, И. И. Нелинейные волновые уравнения в оптике : учебное пособие / И. И. Корель. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2010. — 40 с. — ISBN 978-5-7782-1334-0. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/45120>

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 **Ударные волны** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

Электронные мультимедийные библиотеки и учебные пособия, в том числе предоставляемые научной библиотекой ПГНИУ и цифровой библиотекой ПГНИУ "ELiS":

- материалы базы ЭБС IPRbooks;
- материалы цифровой библиотеки «Библиотех»;
- Электронно-библиотечная система издательства «Лань».

Дополнительный перечень используемых информационных технологий определяется преподавателями дисциплины.

При освоении материала и выполнении 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
Ударные волны**

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

ПК.1

Способен использовать в своей научно-исследовательской деятельности знание современных проблем и новейших достижений физики

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ПК.1.1 Определяет цели и задачи современных научных исследований в области физики</p>	<p>Знать подходы к описанию ударных волн. Уметь использовать теорию нелинейных волн в прикладных задачах.</p>	<p align="center">Неудовлетворител Не знает подходы к описанию ударных волн. Не умеет использовать теорию нелинейных волн в прикладных задачах.</p> <p align="center">Удовлетворительн Общие, но не структурированные знания подходов к описанию ударных волн. Демонстрирует частично сформированное умение использовать теорию нелинейных волн в прикладных задачах.</p> <p align="center">Хорошо Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания подходов к описанию ударных волн. В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы умения использовать теорию нелинейных волн в прикладных задачах.</p> <p align="center">Отлично Сформированные систематические знания подходов к описанию ударных волн. Сформированное умение использовать теорию нелинейных волн в прикладных задачах.</p>

ПК.2

Способен принимать участие в разработке новых задач, методов и подходов в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ПК.2.2 Разрабатывает физические и математические модели, проводит компьютерное моделирование</p>	<p>Знать условия возникновения ударных волн. Уметь описывать динамику ударных волн. Владеть методами расчетов ширины ударной волны, отражения и преломления ударных волн.</p>	<p align="center">Неудовлетворител Не знает условия возникновения ударных волн. Не умеет описывать динамику ударных волн. Не владеет методами расчетов ширины ударной волны, отражения и преломления ударных волн.</p> <p align="center">Удовлетворительн</p>

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>физических и технологических процессов</p>		<p style="text-align: center;">Удовлетворительн</p> <p>Общие, но не структурированные знания условий возникновения ударных волн. Демонстрирует частично сформированное умение описывать динамику ударных волн. Имеет представление о методах расчетов ширины ударной волны, отражения и преломления ударных волн.</p> <p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания условий возникновения ударных волн. В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы умения описывать динамику ударных волн. В целом успешно, но с отдельными пробелами владеет методами расчетов ширины ударной волны, отражения и преломления ударных волн.</p> <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Сформированные систематические знания условий возникновения ударных волн. Сформированное умение описывать динамику ударных волн. Успешное и систематическое применение методов расчета ширины ударной волны, отражения и преломления ударных волн.</p>

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : Базовая

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	Дозвуковые и сверхзвуковые течения Входное тестирование	Уравнения динамики сжимаемой среды
ПК.2.2 Разрабатывает физические и математические модели, проводит компьютерное моделирование физических и технологических процессов	Поверхности разрыва Письменное контрольное мероприятие	Свойства стационарных течений и поверхностей разрыва.
ПК.2.2 Разрабатывает физические и математические модели, проводит компьютерное моделирование физических и технологических процессов	Ударная поляра Письменное контрольное мероприятие	Термодинамика ударных волн. Условия их существования
ПК.1.1 Определяет цели и задачи современных научных исследований в области физики	Ударные магнитогидродинамические волны Итоговое контрольное мероприятие	Структура ударных волн. МГД-волны

Спецификация мероприятий текущего контроля

Дозвуковые и сверхзвуковые течения

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
Уравнения акустики	5
Уравнение неразрывности	5

Поверхности разрыва

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
Устойчивость тангенциального разрыва	9
Классификация поверхностей разрыва	8
Уравнение Бернулли. Стационарные потоки газа.	7
Параметры подобия. Дозвуковые и сверхзвуковые течения	6

Ударная поляра

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
Сильные разрывы. Ударные волны в политропном газе.	9
Адиабата Гюгонио	8
Ударные волны в каналах. Сопло Лавалья	7
Косая ударная волна	6

Ударные магнитогидродинамические волны

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
Диссипация. Ширина ударной волны	12
Уравнение Бюргерса. Решения, соответствующие ударным волнам	11
МГД-ударные волны	10
МГД-волны	7