

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

Кафедра теоретической физики

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

Рабочая программа дисциплины

ЗВУКОВЫЕ ВОЛНЫ

Код УМК 95906

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

Пермь, 2021

1. Наименование дисциплины

Звуковые 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 **Звуковые 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.1.2 Использует основные теоретические и экспериментальные подходы при решении поставленных задач в области физики

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	1
Объем дисциплины (з.е.)	4
Объем дисциплины (ак.час.)	144
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	48
Проведение лекционных занятий	24
Проведение практических занятий, семинаров	24
Самостоятельная работа (ак.час.)	96
Формы текущего контроля	Входное тестирование (1) Итоговое контрольное мероприятие (1) Письменное контрольное мероприятие (2)
Формы промежуточной аттестации	Экзамен (1 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Звуковые волны (первый семестр)

Входной контроль

Основные сведения из теории волновых процессов и гидродинамики

Уравнение плоской звуковой волны

Волновое уравнение

Исходные уравнения для сжимаемой сплошной среды, волновое уравнение, факторизация волнового уравнения.

Плоская волна

Решение в виде плоских волн, фазовая скорость.

Скорость звука в газах

Вычисление скорости звука по Ньютону и Лапласу. Оценка скорости звука.

Энергия и импульс звуковых волн

Вектор плотности потока энергии

Перенос энергии звуковой волной. Вектор плотности потока энергии звуковой волны.

Импульс звуковой волны

Перенос импульса звуковой волной. Вектор плотности потока импульса звуковой волны.

Отражение и преломление звуковых волн

Принцип Ферма. Прямая, отраженная и преломленная волны. Зеркальное изображение источника. Законы отражения и преломления звуковых волн. Явление полного отражения.

Распространение звука в движущейся среде

Разные системы отсчета. Эффект Доплера для звуковых волн.

Геометрическая акустика

Распространение звука в неоднородной среде. Лучи. Эйконал. Аналогия с классической механикой (эйконал как аналог действия). Уравнение лучей. Искривление лучей в неоднородной среде.

Групповая скорость

Сравнение фазовой и групповой скоростей. Волновой цуг (пакет).

Сферические волны

Сферическая симметрия. Точечный источник звука. Сферические волны. Стоячая сферическая волна

Цилиндрические волны

Цилиндрическая симметрия. Аксиальный источник звука. Цилиндрические волны. Стоячая цилиндрическая волна.

Боковая волна

Боковая звуковая волна.

Рассеяние волн

Рассеяние звуковых волн на препятствиях. Дифракция звуковых волн

Поглощение звука

Физические механизмы

Физические механизмы поглощения звука. Уравнение для бегущей звуковой волны с учетом диссипации энергии.

Формула Кирхгофа

Формула Кирхгофа. Зависимость коэффициента затухания от частоты.

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. Ландау, Л.Д. Теоретическая физика : учебное пособие / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. — 5-е изд., стер. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, [б. г.]. — Том 6 : Гидродинамика — 2001. — 736 с. — ISBN 5-9221-0121-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. <https://elis.psu.ru/node/619860>
2. 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>
3. Геометрическая акустика и звуковые волны в слоистых средах:методические указания по изучению спецкурса "Звуковые волны"/сост. С. В. Шкляев.-Пермь,2003.-24.

Дополнительная:

1. Майер, В. В. Звук и ультразвук в учебных исследованиях : учебное пособие / В. В. Майер, Е. И. Вараксина. — 2-е изд. — Долгопрудный : Издательский Дом «Интеллект», 2012. — 335 с. — ISBN 978-5-91559-128-7. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/103468>
2. Полунин, В. М. Акустические свойства нанодисперсных магнитных жидкостей : монография / В. М. Полунин. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2012. — 384 с. — ISBN 978-5-9221-1376-. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. <https://elis.psu.ru/node/619683>

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

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

<http://elis.psu.ru> Электронная мультимедийная библиотека ELiS

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

Образовательный процесс по дисциплине **Звуковые волны** 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».
- Пакет аналитических и численных вычислений Maxima;

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
Звуковые 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.1.2 Использует основные теоретические и экспериментальные подходы при решении поставленных задач в области физики</p>	<p>Знать основные закономерности акустических явлений, рамки применимости геометрической и волновой акустики. Уметь решать прикладные задачи акустики. Владеть методом характеристик.</p>	<p align="center">Неудовлетворител</p> <p>Не знает основные закономерности акустических явлений, рамки применимости геометрической и волновой акустики. Не умеет решать прикладные задачи акустики. Не владеет методом характеристик.</p> <p align="center">Удовлетворительн</p> <p>Общие, но не структурированные знания основных закономерностей акустических явлений, рамок применимости геометрической и волновой акустики. Демонстрирует частично сформированное умение решать прикладные задачи акустики. Имеет представление о методе характеристик.</p> <p align="center">Хорошо</p> <p>Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания основных закономерностей акустических явлений, рамок применимости геометрической и волновой акустики. В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы умения решать прикладные задачи акустики. В целом успешно, но с отдельными пробелами владеет методом характеристик.</p> <p align="center">Отлично</p> <p>Сформированные систематические знания основных закономерностей акустических явлений, рамок применимости геометрической и волновой акустики. Сформированное умение решать прикладные задачи акустики. Успешное и систематическое применение метода характеристик.</p>
<p>ПК.1.1 Определяет цели и</p>	<p>Знать условия опрокидывания волн в природе. Уметь</p>	<p align="center">Неудовлетворител</p> <p>Не знает условия опрокидывания волн в</p>

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
задачи современных научных исследований в области физики	анализировать нелинейные задачи акустики. Владеть теорией нелинейных волн.	<p>Неудовлетворител природе. Не умеет анализировать нелинейные задачи акустики. Не владеет теорией нелинейных волн.</p> <p>Удовлетворительн Общие, но не структурированные знания условий опрокидывания волн в природе. Демонстрирует частично сформированное умение анализировать нелинейные задачи акустики. Имеет представление о применении теории нелинейных волн.</p> <p>Хорошо Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания условий опрокидывания волн в природе. В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы умения анализировать нелинейные задачи акустики. В целом успешно, но с отдельными пробелами владеет теорией нелинейных волн.</p> <p>Отлично Сформированные систематические знания условий опрокидывания волн в природе. Сформированное умение анализировать нелинейные задачи акустики. Успешное и систематическое применение теории нелинейных волн.</p>

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : Базовая

Вид мероприятия промежуточной аттестации : Экзамен

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	Входной контроль Входное тестирование	Уравнения Эйлера и Навье-Стокса. Уравнение неразрывности сжимаемой среды. Дисперсионное соотношение линейных волн.
ПК.1.2 Использует основные теоретические и экспериментальные подходы при решении поставленных задач в области физики	Отражение и преломление звуковых волн Письменное контрольное мероприятие	Свойства плоских звуковых волн. Энергия и импульс. Законы отражения и преломления плоских звуковых волн.
ПК.1.2 Использует основные теоретические и экспериментальные подходы при решении поставленных задач в области физики	Цилиндрические волны Письменное контрольное мероприятие	Аксиальные и сферические волны. Групповая скорость. Звук в движущейся среде.
ПК.1.1 Определяет цели и задачи современных научных исследований в области физики	Формула Кирхгофа Итоговое контрольное мероприятие	Боковая волна. Рассеяние волн на препятствиях. Механизмы поглощения звука

Спецификация мероприятий текущего контроля

Входной контроль

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

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

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

Проходной балл: **0**

Показатели оценивания	Баллы
Уравнение неразрывности. Уравнения Эйлера, Навье-Стокса.	5
Дисперсионное соотношение для волн на бесконечной струне	5

Отражение и преломление звуковых 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
Законы отражения и преломления плоских звуковых волн.	9
Перенос энергии и импульса звуковой волной.	8
Скорость звука в газах. Изотермическая и адиабатическая скорости.	7
Волновое уравнение. Решение в виде плоской волны	6

Цилиндрические волны

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

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

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

Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
Распространение звука в неоднородной среде. Лучи. Уравнение эйконала	9
Групповая скорость	8
Цилиндрические и сферические волны	7
Волны в движущейся среде. Эффект Доплера	6

Формула Кирхгофа

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
Формула Кирхгофа. Коэффициент поглощения.	12
Механизмы поглощения звука. Уравнение для звуковой волны с учетом диссипации.	11
Рассеяние волн. Дифракция	10
Боковая волна	7