



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ
Директор ИИСТ
И.Ю. Мезин

14.02.2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ФИЗИЧЕСКАЯ АКУСТИКА

Направление подготовки (специальность)
03.04.02 Физика

Направленность (профиль/специализация) программы
Компьютерное моделирование физических процессов и структур, методы преподавания
физики

Уровень высшего образования - магистратура

Форма обучения
очная

Институт/ факультет	Институт естествознания и стандартизации
Кафедра	Физики
Курс	1
Семестр	1

Магнитогорск
2022 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 03.04.02 Физика (приказ Минобрнауки России от 07.08.2020 г. № 914)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Физики
01.02.2022, протокол № 4

Зав. кафедрой  М.Б. Аркулис

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЕиС
14.02.2022 г. протокол № 6

Председатель  И.Ю. Мезин

Рабочая программа составлена:

ст. преподаватель кафедры Физики, канд. физ.-мат. наук
 В.В. Риве

Рецензент:

зав. кафедрой ВТиП, д-р техн. наук  О.С. Логунова

Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2023 - 2024 учебном году на заседании кафедры Физики

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ М.Б. Аркулис

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Физики

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ М.Б. Аркулис

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целями освоения дисциплины «Физическая акустика», в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта ВО по направлению подготовки 03.04.02 Физика (уровень ВО магистратура), утвержденного 28.08.2015 г. (приказ № 913), являются:

1) обеспечение базовой подготовки, включающей в себя изучение и усвоение теоретических основ, а также знакомство с результатами, полученными экспериментальными методами при исследовании распространения акустических волн в конденсированных средах;

2) формирование необходимых компетенций для анализа и решения современных научных и технических проблем, связанных с использованием свойств акустических волн в науке и технике.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Физическая акустика входит в обязательную часть учебного плана образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, навыки), сформированные в результате изучения определенных дисциплин на уровне бакалавриата или специалитета, таких как Общая физика, Теоретическая физика, Методы математической физики, Математический анализ, Аналитическая геометрия Векторный и тензорный анализ.

Также необходимы знания (умения, владения), формирующиеся параллельно с изучением данной дисциплины в результате изучения дисциплин первого семестра магистратуры: Теория твердого тела, Современные методы исследования конденсированных сред

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Теория твердого тела

Современные проблемы физики

Спецсеминар по научным направлениям

Физика магнитных явлений

Физика фазовых переходов

Волновые процессы в конденсированных средах

Дополнительные главы общей физики

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Физическая акустика» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ОПК-1	Способен применять фундаментальные знания в области физики для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности;
ОПК-1.1	Использует знания физических законов и принципов, математический аппарат для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования физических систем, явлений и процессов, решения научно-исследовательских задач и профессиональных задач

ОПК-1.2	Знает и использует законы и принципы, методы педагогики и применяет фундаментальные физические, математические и междисциплинарные знания для осуществления преподавательской деятельности по учебным дисциплинам «Физика», «Астрономия»
ОПК-4 Способен определять сферу внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности.	
ОПК-4.1	Оценивает достоинства и недостатки, результат своей деятельности, знает этапы внедрения результатов, презентует свое исследование, выбирает или предлагает возможные варианты и сферы внедрения результатов научно-исследовательской деятельности в своей профессиональной области, имеет представление о требованиях к сопровождающей документации

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц 108 академических часов, в том числе:

- контактная работа – 55 академических часов;
- аудиторная – 54 академических часов;
- внеаудиторная – 1 академический час;
- самостоятельная работа – 53 академических часов;
- в форме практической подготовки – 0 академических часов;

Форма аттестации - зачет

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек	лаб зан.	практ зан.				
1. Линейная акустика изотропных тел								
1.1 Основные сведения из теории упругости	1	1		2	3	Проработка конспекта лекций, самостоятельное изучение дополнительного материала, подготовка к	Проверка домашнего задания, устный опрос	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1
1.2 Продольные и поперечные волны в изотропном твердом теле		2		4	6	Проработка конспекта лекций, самостоятельное изучение дополнительного материала, подготовка к	Проверка домашнего задания, устный опрос	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1
1.3 Отражение преломление продольных и поперечных волн		2		4	6	Проработка конспекта лекций, самостоятельное изучение дополнительного материала, подготовка к	Проверка домашнего задания, устный опрос	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1

1.4 Поверхностные волны Рэлея		2		4	6	Проработка конспекта лекций, самостоятельное изучение дополнительного материала, подготовка к	Проверка домашнего задания, устный опрос	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1
Итого по разделу		7		14	21			
2. Основы								
2.1 Плоские упругие волны в кристаллах. Уравнение Кристоффеля. Квазипродольные и квазипоперечные волны. Влияние симметрии упругих	1	4		8	10	Проработка конспекта лекций, самостоятельное изучение дополнительного материала, подготовка к практическим	Проверка домашнего задания, устный опрос	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1
2.2 Поглощение звука в изотропных диэлектриках. Некоторые сведения о колебаниях кристаллической решетки и		4		8	10	Проработка конспекта лекций, самостоятельное изучение дополнительного материала, подготовка к	Проверка домашнего задания, устный опрос	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1
2.3 Основные сведения из нелинейной теории упругости. Взаимодействие упругих волн конечной амплитуды в изотропном твердом теле		3		6	12	Проработка конспекта лекций, самостоятельное изучение дополнительного материала, подготовка к практическим занятиям	Проверка домашнего задания, устный опрос, контрольная работа	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1
Итого по разделу		11		22	32			
Итого за семестр		18		36	53		зачёт	
Итого по дисциплине		18		36	53		зачет	

5 Образовательные технологии

Результат освоения дисциплины «Физическая акустика» – формирование у студентов компетенций представляющих собой динамичную совокупность знаний, умений, владений, способностей и личностных качеств, которую студент может продемонстрировать после завершения обучения по магистерской образовательной программе. Для формирования этих компетенций и реализации предусмотренных видов учебной работы, в учебном процессе в качестве образовательных технологий используются традиционная и технология информационно-проектного обучения, позволяющая студенту в процессе обучения самому выбирать формируемые компетенции и личностные качества, тем самым проектируя для себя образовательный процесс.

Учебные занятия проводятся в виде практических занятий

Практические занятия проводятся с применением компьютерных презентаций. Концептуальную основу семинарской технологии составляют принципы педагогики: научности, последовательности и систематичности, доступности, прочности, сознательности и активности, наглядности, связи теории с практикой, учета индивидуальных особенностей студентов.

Кроме того, на практических занятиях используется технология педагогики сотрудничества преподавателя со студентами, в основе которой следующие целевые ориентации: переход от педагогики требований к педагогике отношений, гуманный личностный подход к студенту, единство обучения и воспитания.

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Представлено в приложении 1.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Представлены в приложении 2.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) Основная литература:

1. Щевьев, Ю. П. Основы физической акустики : учебное пособие / Ю. П. Щевьев. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 367 с. — ISBN 978-5-8114-2645-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/reader/book/96874/#1> (дата обращения: 30.09.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Учайкин, В. В. Механика. Основы механики сплошных сред : учебник / В. В. Учайкин. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 860 с. — ISBN 978-5-8114-2235-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/91899> (дата обращения: 30.09.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

б) Дополнительная литература:

1. Иванов, Н. И. Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом [Электронный ресурс] : Учебник / Н. И. Иванов. - М.: Логос, 2008. - 422 с. - ISBN 978-5-98704-659-3. Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=468783>

2. Зисман, Г. А. Курс общей физики : учебное пособие : в 3 томах / Г. А. Зисман, О. М. Тодес. — 8-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, [б. г.]. — Том 2 : Электричество и магнетизм — 2019. — 360 с. — ISBN 978-5-8114-4102-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/reader/book/115201/#1> (дата обращения: 30.09.2020). — Режим

доступа: для авториз. пользователей.

3. Гурбатов С. Н. Акустика в задачах / Под. ред. С. Н. Гурбатова и О. В. Руденко. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. - 336 с. - ISBN 978-5-9221-1020-4.
4. Руденко, О. В. Нелинейная акустика в задачах и примерах / О. В. Руденко, С. Н. Гурбатов, К. Хедберг. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. - 176 с. - ISBN 978-5-9221-0761-7.
5. Основы научных исследований: Учебное пособие для бакалавров / М.Ф. Шкляр. - 4-е изд. - М.: Дашков и К, 2012. - 244 с.: 60x84 1/16. (переплет) ISBN 978-5-394-01800-8, 1500 экз. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=340857>
6. Физика твердого тела для инженеров [Текст] : учеб.пособие для вузов / В. А. Гуртов, Р. Н. Осауленко ; науч. ред. Л. А. Алешина. - М. : Техносфера, 2007. - 518 с. : ил. - (Мир физики и техники ; вып. II-08). - Рек. УМО. - Библиогр.: с. 505-510. - ISBN 978-5-94836-141-3. Кол-во экземпляров: 10.
7. Фриш С. Э. Курс общей физики [Текст] : учебник : [в 3 т.]. Т. 1 : Физические основы механики. Молекулярная физика. Колебания и волны / С. Э. Фриш, А. В. Тиморева. - 13-е изд., стер. - СПб. и др. : Лань, 2009. - 470 с. : ил., граф., схемы, табл. - (Классическая учебная литература по физике Учебники для вузов. Специальная литература).

в) Методические указания:

При выполнении домашнего задания рекомендуется следовать следующему общему алгоритму:

1. Проработать материал на предмет выявления непонятных моментов темы.
2. В случае наличия непонятных моментов сформулировать вопросы.
3. Найти и изучить дополнительный материал по теме, используя рекомендованную литературу и электронные ресурсы учебных пособий в сети Интернет.
4. Ответить на возникшие в ходе изучения темы вопросы.
5. Выписать трактовки основных понятий, законов, принципов и т.п. по изучаемой теме.
6. Из перечня вопросов к зачету выбрать те, которые отражают содержание темы.
7. Найти ответы на эти вопросы в тексте используемых учебных и научных источников.

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Adobe Reader	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Браузер Mozilla Firefox	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Браузер Yandex	свободно распространяемое ПО	бессрочно

Maple 14 Classroom License	К-113-11 от 11.04.2011	бессрочно
-------------------------------	------------------------	-----------

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Электронная база периодических изданий East View Information	https://dlib.eastview.com/
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: https://scholar.google.ru/
Информационная система - Единое окно доступа к информационным	URL: http://window.edu.ru/
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	https://magtu.informsystema.ru/Marc.html?locale=ru
Информационная система - Банк данных угроз безопасности	https://bdu.fstec.ru/

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Оснащение: доска, мультимедийный проектор, экран.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся. Оснащение: персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и доступом в электронную образовательную среду университета.

Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования. Оснащение: шкафы для хранения учебно-методической документации, учебного оборудования и учебно-наглядных пособий.

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Примерные аудиторские контрольные работы (АКР):

АКР №1 «Линейная акустика изотропных твердых тел».

1. Определить закон дисперсии упругих волн в кубическом кристалле, распространяющихся в плоскости грани куба.

2. Предполагая, что скорости распространения продольных и поперечных колебаний не зависят от частоты и направления волнового вектора, найти число акустических фононов в интервале частот $(\omega, \omega + d\omega)$ и температуру Дебая для пространственной решетки, состоящей из N одинаковых атомов.

3. Показать, что волна кручения распространяется по стержню со скоростью $v = \sqrt{\mu / \rho}$, где $\mu = E / 2(1 + \sigma)$ – модуль сдвига.

АКР №2 «Основы кристаллоакустики».

1. Определить приближенно скорость звука в алмазе, зная, что температура Дебая $T_D = 1860$ К, решетка – кубическая с постоянной $a = 1,54 \cdot 10^{-10}$ м.

2. Показать, что для продольных волн в твердом теле фазовая скорость определяется выражением:

$$v = \frac{(1 - \sigma)E}{\rho(1 - 2\sigma)(1 + \sigma)},$$

где σ – коэффициент Пуассона, E – модуль Юнга, ρ – плотность твердого тела.

3. Определить теплоемкость твердого тела, если фононный спектр имеет акустическую и оптическую ветви.

Примерные индивидуальные домашние задания (ИДЗ):

ИДЗ №1 «Линейная акустика изотропных твердых тел».

1. Полагая, что скорости распространения продольных и поперечных колебаний не зависят от частоты, одинаковы и равны v , найти для двумерного кристалла – квадратной решетки, содержащей N одинаковых атомов, площадью S число колебаний в интервале частот $(\omega, \omega + d\omega)$ и характеристическую температуру Дебая.

2. В неограниченной изотропной упругой среде имеются возмущения, зависящие только от x, t (плоские волны). Найти компоненты перемещений $u_i(x, t)$ и скорости распространения волн. Показать, что в поперечной волне не происходит изменения объема, $\text{div } \mathbf{u} = 0$, а в продольной $\text{rot } \mathbf{u} = 0$.

3. Показать, что полное отражение звуковой волны от поглощающей среды невозможно.

ИДЗ №2 «Основы кристаллоакустики».

1. Найти скорость продольных волн, распространяющихся в тонком упругом стержне, боковая поверхность которого свободна от напряжений. Сравнить ее со скоростью продольных волн в безграничной среде.

2. Доказать, что объемные акустические волны, распространяющиеся в кристалле в одном и том же направлении с разными скоростями, имеют взаимно ортогональные поляризации.

3. Какие упругие модули кристалла равны нулю, если плоскость $z = \text{const}$ является плоскостью симметрии. Рассчитать анизотропию скорости объемных волн, распространяющихся в этой плоскости.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ОПК-1: Способен применять фундаментальные знания в области физики для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности;		
ОПК-1.1	Использует знания физических законов и принципов, математический аппарат для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования физических и систем, явлений и процессов, решения научно-исследовательских задач и профессиональных задач	<p style="text-align: center;">Перечень теоретических вопросов:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Основные понятия физической акустики. 2. Фононы. 3. Волновой вектор для звуковых колебаний. 4. Колебательные системы с одной степенью свободы. 5. Колебательные системы без трения и с трением. 6. Колебания с несколькими степенями свободы. 7. Поперечные колебания мембран, струн, стержней и пластин. 8. Кристаллоакустика. 12. Пьезооптический эффекты.
ОПК-1.2	Знает и использует законы и принципы, методы педагогики и применяет фундаментальные физические, математические и междисциплинарные знания для осуществления преподавательской деятельности по учебным дисциплинам «Физика», «Астрономия»	<p style="text-align: center;">Задачи:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Определить закон дисперсии упругих волн в кубическом кристалле, распространяющихся в плоскости грани куба. 2. Определить приближенно скорость звука в алмазе, зная, что температура Дебая $T_D=1860$ К, решетка – кубическая с постоянной $a = 1,54 \cdot 10^{-10}$ м. 3. Полагая, что скорости распространения продольных и поперечных колебаний не зависят от частоты, одинаковы и равны v, найти для двумерного кристалла – квадратной решетки, содержащей N одинаковых атомов, площадью S число колебаний в интервале частот $(\omega, \omega + d\omega)$ и характеристическую температуру Дебая. 4. Найти скорость продольных волн, распространяющихся в тонком упругом стержне, боковая поверхность которого свободна от напряжений. Сравнить ее со скоростью продольных волн в безграничной среде.
ОПК-4: Способен определять сферу внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности.		

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ОПК-4.1	<p>Оценивает достоинства и недостатки, результат своей деятельности, знает этапы внедрения результатов, презентует свое исследование, выбирает или предлагает возможные варианты и сферы внедрения результатов научно-исследовательской деятельности в своей профессиональной области, имеет представление о требованиях к сопровождающей документации</p>	<p>Перечень теоретических вопросов:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Распространение упругих волн в жидкостях и газах. 2. Скорость звука в газах и жидкостях. 3. Элементы теории излучения. Рассеяние волн. 4. Упругие волны в твердых телах. 5. Адиабатические деформации. 6. Упругие волны в трехмерной среде. <p>Задачи:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Предполагая, что скорости распространения продольных и поперечных колебаний не зависят от частоты и направления волнового вектора, найти число акустических фононов в интервале частот $(\omega, \omega + d\omega)$ и температуру Дебая для пространственной решетки, состоящей из N одинаковых атомов. 2. Показать, что для продольных волн в твердом теле фазовая скорость определяется выражением: $v = \frac{(1 - \sigma)E}{\rho(1 - 2\sigma)(1 + \sigma)},$ где σ – коэффициент Пуассона, E – модуль Юнга, ρ – плотность твердого тела. 3. В неограниченной изотропной упругой среде имеются возмущения, зависящие только от x, t (плоские волны). Найти компоненты перемещений $u_i(x, t)$ и скорости распространения волн. Показать, что в поперечной волне не происходит изменения объема, $\text{div} \mathbf{u} = 0$, а в продольной $\text{rot} \mathbf{u} = 0$. 4. Доказать, что объемные акустические волны, распространяющиеся в кристалле в одном и том же направлении с разными скоростями, имеют взаимно ортогональные поляризации. 5. Показать, что волна кручения распространяется по стержню со скоростью $v = \sqrt{\mu / \rho}$, где $\mu = E / 2(1 + \sigma)$ – модуль сдвига. 6. Показать, что полное отражение звуковой волны от поглощающей среды невозможно. 7. Какие упругие модули кристалла равны нулю, если плоскость $z = \text{const}$ является плоскостью симметрии. Рассчитать анизотропию скорости объемных волн, распространяющихся в этой плоскости.

б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии

оценивания:

Промежуточная аттестация по дисциплине «Физическая акустика» включает теоретический вопрос, позволяющий оценить уровень усвоения обучающимися знаний. Ответ на задаваемый вопрос формулируется в билетах (по одному вопросу в каждом) и проводится в устной форме. Для получения зачета студент должен показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, интеллектуальные навыки решения простых задач. Необходимым условием получения зачета без дополнительных вопросов и заданий является также высокая посещаемость занятий и выполнение всех индивидуальных домашних заданий.

Приложение 3

При выполнении домашнего задания рекомендуется следовать следующему общему алгоритму:

1. Проработать материал на предмет выявления непонятных моментов темы.
2. В случае наличия непонятных моментов сформулировать вопросы.
3. Найти и изучить дополнительный материал по теме, используя рекомендованную литературу и электронные ресурсы учебных пособий в сети Интернет.
4. Ответить на возникшие в ходе изучения темы вопросы.
5. Выписать трактовки основных понятий, законов, принципов и т.п. по изучаемой теме.
6. Из перечня вопросов к зачету выбрать те, которые отражают содержание темы.
7. Найти ответы на эти вопросы в тексте используемых учебных и научных источников.