



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИЕиС
И.Ю. Мезин
16.03.2020 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
Программа подготовки - академическая магистратура

Форма обучения
очная

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

Магнитогорск
2019 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 03.04.02 ФИЗИКА (уровень магистратуры) (приказ Минобрнауки России от 28.08.2015 г. № 913)


Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Физики
12.03.2020, протокол № 6

Зав. кафедрой  М.Б. Аркулис

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЕиС
16.03.2020 г. протокол № 8

Председатель  И.Ю. Мезин

Рабочая программа составлена:

доцент кафедры Физики, канд. физ.-мат. наук  А.П. Давыдов

Рецензент:

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

Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2021 - 2022 учебном году на заседании кафедры Физики

Протокол от 1 09 2020 г. № 1
Зав. кафедрой _____ М.Б. Аркулис

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2022 - 2023 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 вариативную 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:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
ОПК-6 способностью использовать знания современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе	
Знать	- основные положения линейной акустики изотропных твердых тел; - основные вопросы кристаллоакустики; - теорию взаимодействия звуковых волн с тепловыми фононами; - основные сведения из нелинейной теории упругости и о нелинейных акустических эффектах в кристаллах

Уметь	<ul style="list-style-type: none"> - применять основные положения линейной акустики к решению научно-исследовательских задач, касающихся строения твердого тела; - применять теорию взаимодействия звуковых волн с тепловыми фонами к описанию акустических свойств проводников и полупроводников; - проводить расчет параметров, характеризующих распространение акустических волн в твердых телах; - проводить анализ поверхностных акустических волн на основе теории Рэлея; - использовать симметрию упругих свойств тел при описании на распространения акустических волн
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> - навыками описания распространения акустических волн в научно-исследовательской работе; - навыками расчета оптических параметров твердых тел из их спектров; - способностью использовать базовые теоретические знания о строении твердых тел для решения профессиональных задач
ПК-2 способностью свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности	
Знать	<ul style="list-style-type: none"> - основные принципы и методы научного исследования с помощью современного приборного оборудования; - области и способы применения физических законов при изучении физических явлений с помощью современной приборной базы; - методы описания акустических процессов в твердом теле, отражающие основные тенденции развития современной физики как науки
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> - применять основные положения теории акустических волн для анализа проблем современной физики; - пользоваться методами исследования структуры твердого тела для анализа проблем современной физики с помощью современной приборной базы
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> - способностью использовать полученные знания для изучения профильных дисциплин; - системным представлением о динамике развития избранной области; научной и профессиональной деятельности; - современной научной картиной мира
ПК-6 способностью методически грамотно строить планы лекционных и практических занятий по разделам учебных дисциплин и публично излагать теоретические и практические разделы учебных дисциплин в соответствии с утвержденными учебно-методическими пособиями при реализации программ бакалавриата в области физики	
Знать	<ul style="list-style-type: none"> - основные педагогические методы и приемы, применяемые в средних, средне-специальных и высших учебных заведениях
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> - применять основные педагогические методы и приемы, в средних, средне-специальных и высших учебных заведениях с учетом их специфики
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> - навыками проведения лекционных и практических занятий с учетом специфики контингента учащихся, учебного заведения и преподаваемой дисциплины

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

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

- контактная работа – 58,05 акад. часов;
- аудиторная – 57 акад. часов;
- внеаудиторная – 1,05 акад. часов
- самостоятельная работа – 49,95 акад. часов;

Форма аттестации - зачет

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

1.4 Поверхностные волны Рэлея		2		4	6	Проработка конспекта лекций, самостоятельное изучение дополнительного материала, подготовка к практическим занятиям	Проверка домашнего задания, устный опрос	ОПК-6, ПК-2, ПК-6
Итого по разделу		8		16	24			
2. Основы кристаллоакустики								
2.1 Плоские упругие волны в кристаллах. Уравнение Кристоффеля. Квазипродольные и квазипоперечные волны. Влияние симметрии упругих свойств на распространение волн.	1	4		8	10	Проработка конспекта лекций, самостоятельное изучение дополнительного материала, подготовка к практическим занятиям	Проверка домашнего задания, устный опрос	ОПК-6, ПК-2, ПК-6
2.2 Поглощение звука в изотропных диэлектриках. Некоторые сведения о колебаниях кристаллической решетки и фононах. Взаимодействие звуковых волн с тепловыми фононами		4		8	10	Проработка конспекта лекций, самостоятельное изучение дополнительного материала, подготовка к практическим занятиям	Проверка домашнего задания, устный опрос	ОПК-6, ПК-2, ПК-6
2.3 Основные сведения из нелинейной теории упругости. Взаимодействие упругих волн конечной амплитуды в изотропном твердом теле. Нелинейные акустические эффекты в кристаллах		3		6	5,95	Проработка конспекта лекций, самостоятельное изучение дополнительного материала, подготовка к практическим занятиям, подготовка к работе	Проверка домашнего задания, устный опрос, контрольная работа	ОПК-6, ПК-2, ПК-6
Итого по разделу		11		22	25,95			
Итого за семестр		19		38	49,95		зачёт	
Итого по дисциплине		19		38	49,95		зачет	ОПК-6,ПК-2,ПК-6

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, гуманно-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/book/96874> (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> дата обращения: 30.09.2020).

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/book/115201> (дата обращения: 30.09.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

в) Методические указания:

в приложении 1

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Windows 7 Professional(для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021
MS Windows 7 Professional (для классов)	Д-757-17 от 27.06.2017	27.07.2018
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 Services, ООО «ИВИС»	https://dlib.eastview.com/
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	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 ресурсам	URL: http://window.edu.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.

Приложение 1

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

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.

Примерные аудиторные 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.

Приложение 2

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-6 – способностью использовать знания современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе		
Знать	<ul style="list-style-type: none"> – основные положения линейной акустики изотропных твердых тел; – основные вопросы кристаллоакустики; – теорию взаимодействия звуковых волн с тепловыми фонами; – основные сведения из нелинейной теории упругости и о нелинейных акустических эффектах в кристаллах. 	<p style="text-align: center;">Перечень теоретических вопросов к зачету:</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.
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> – применять основные положения линейной акустики к решению научно-исследовательских задач, касающихся строения твердого тела; – применять теорию взаимодействия звуковых волн с тепловыми фонами к описанию акустических свойств проводников и полупроводников; – проводить расчет параметров, характеризующих распространение акустических волн в твердых телах; – проводить анализ поверхностных акустических волн на основе теории Рэлея; – использовать симметрию упругих свойств тел при описании на распространения акустических волн. 	<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.
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> – навыками описания распространения акустических волн в научно-исследовательской работе; – навыками расчета оптических параметров твердых тел из их спектров; 	<ol style="list-style-type: none"> 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, площадь S число колебаний в интервале частот $(\omega, \omega + d\omega)$ и характеристическую температуру Дебая. 2. Найти скорость продольных волн, распространяющихся в тонком упругом стержне, боковая

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	– способностью использовать базовые теоретические знания о строении твердых тел для решения профессиональных задач.	поверхность которого свободна от напряжений. Сравнить ее со скоростью продольных волн в безграничной среде.
ПК-2 – способностью свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности		
Знать	<ul style="list-style-type: none"> – основные принципы и методы научного исследования с помощью современного приборного оборудования; – области и способы применения физических законов при изучении физических явлений с помощью современной приборной базы; – методы описания акустических процессов в твердом теле, отражающие основные тенденции развития современной физики как науки. 	<p style="text-align: center;">Перечень теоретических вопросов к зачету:</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.
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> – применять основные положения теории акустических волн для анализа проблем современной физики; – пользоваться методами исследования структуры твердого тела для анализа проблем современной физики с помощью современной приборной базы. 	<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.
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> – способностью использовать полученные знания для изучения профильных дисциплин; – системным представлением о динамике развития избранной области; научной и профессиональной деятельности; – современной научной картиной мира. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 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 $\text{rot } \mathbf{u} = 0$. 2. Доказать, что объемные акустические волны, распространяющиеся в кристалле в одном и том же направлении с разными скоростями, имеют взаимно ортогональные поляризации.
ПК-6 – способностью методически грамотно строить планы лекционных и практических занятий по разделам учебных дисциплин и публично излагать теоретические и практические разделы учебных дисциплин в соответствии с утвержденными учебно-методическими пособиями при реализации программ бакалавриата в области физики		
Знать	– основные педагогические методы и приёмы, применяемые в средних, средне-специальных и	<p style="text-align: center;">Перечень теоретических вопросов к зачету</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Кристаллоакустика.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	высших учебных заведениях;	2. Электромагнитные волны в прозрачных кристаллах. 3. Эллипсоид Френеля. Тензор диэлектрической непроницаемости. 4. Уравнение Френеля. 5. Электрооптический и пьезооптический эффекты. 6. Оптическая активность кристаллов.
Уметь	– применять основные педагогические методы и приёмы, в средних, средне-специальных и высших учебных заведениях с учетом их специфики;	1. Показать, что волна кручения распространяется по стержню со скоростью $v = \sqrt{\mu / \rho}$, где $\mu = E / 2(1 + \sigma)$ – модуль сдвига. 2. Определить теплоемкость твердого тела, если фононный спектр имеет акустическую и оптическую ветви.
Владеть	– навыками проведения лекционных и практических занятий с учетом специфики контингента учащихся, учебного заведения и преподаваемой дисциплины.	1. Показать, что полное отражение звуковой волны от поглощающей среды невозможно. 2. 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.

Перечень теоретических вопросов к зачету:

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.
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.
7. Кристаллоакустика.
8. Электромагнитные волны в прозрачных кристаллах.
9. Эллипсоид Френеля. Тензор диэлектрической непроницаемости.
10. Уравнение Френеля.
11. Электрооптический и пьезооптический эффекты.
12. Оптическая активность кристаллов.

Критерии оценки (в соответствии с формируемыми компетенциями и планируемыми результатами обучения):

– на оценку «**зачтено**» – студент должен показать высокий уровень знаний не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам, оценки и вынесения критических суждений;

– на оценку «**не зачтено**» – студент не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.