

Рабочая программа дисциплины

1. Название дисциплины: Ультразвук в науке и технике.

2. Лекторы.

2.1. Лектор: д.ф.-м.н., профессор Коробов Александр Иванович, Тел. +7(495) 939-1821. E-mail: aikor42@mail.ru

2.2. Лектор: к.ф.-м.н., старший научный сотрудник Одина Наталья Ивановна, Тел. +7(495) 939-1821. E-mail: niodina@mail.ru

2.3. Лектор: к.ф.-м.н., научный сотрудник Ширгина Наталья Витальевна, Тел. +7(495) 939-1821. E-mail: natalia.shirgina@physics.msu.ru

Кафедра акустики физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова

3. Аннотация дисциплины.

Курс направлен для ознакомления студентами с применением ультразвука в науке и технике. Анализируется распространение ультразвуковых волн в изотропных и анизотропных, в том числе пьезоэлектрических твердых телах. Изучаются способы излучения и приема ультразвуковых волн в твердых телах. Рассматриваются импульсные и резонансные методы измерения скорости и поглощения акустических волн в твердых телах и факторы, влияющие на точность проводимых измерений. Обсуждаются методы определения линейных и нелинейных упругих констант в твердых телах. Рассматриваются современные экспериментальные методы для неразрушающего контроля твердых тел и ультразвуковые измерительные системы для их проведения. Обсуждаются особенности применения ЭВМ при проведении ультразвуковых экспериментов. Знание курса необходимо, как для последующего изучения студентами других курсов, читаемых на кафедре акустики: «Физическая акустика твердых тел», «Акустическая нелинейность твердых тел», так и для самостоятельной научно-исследовательской и практической работы.

4. Цели освоения дисциплины.

В результате освоения дисциплины обучающийся приобретёт знания, необходимые для проведения диагностики твердых тел, освоит экспериментальные методы, необходимые для проведения исследования физических свойств твердых тел ультразвуковыми методами, научиться использовать полученные знания в своей научно-исследовательской деятельности.

5. Задачи дисциплины.

Задачами курса являются: (1) систематическое изложение ультразвуковых методов исследования физических свойств твердых тел; (2) ознакомление с современными экспериментальными ультразвуковыми методами неразрушающего контроля твердых тел; (3) знакомство с конкретными прикладными задачами диагностики твердых тел ультразвуковыми методами.

6. Компетенции.

7.1. Компетенции, необходимые для освоения дисциплины.

ПК-1, ПК-6

7.2. Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины.

ПК-3, ПК-4

7. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

В результате освоения дисциплины студент должен знать основы исследования твердых тел ультразвуковыми методами. Изучить методы возбуждения и регистрации ультразвуковых волн в задачах диагностики и неразрушающего контроля твердых тел; уметь применять полученные знания при проведении исследований физических свойств твердых тел ультразвуковыми методами; владеть современными экспериментальными методами для решения основных задач диагностики твердых тел ультразвуковыми методами.

8. Содержание и структура дисциплины.

Вид работы	Семестр				Всего
	5	6	7	8	
Общая трудоёмкость, акад. часов		...		72	72
Аудиторная работа:		...		36	36
Лекции, акад. часов		...		36	36
Семинары, акад. часов		...			
Лабораторные работы, акад. часов		...			
Самостоятельная работа, акад. часов		...		36	36
Вид промежуточной аттестации (зачёт, зачёт с оценкой, экзамен)		...		Зачет с оценкой	

№ раздела, название раздела	№ темы	Название темы	Структура и содержание дисциплины				Форма текущего контроля успеваемости	
			Содержание темы	Аудиторная нагрузка, отводимая на лекционный материал темы, ак.ч.	Названия семинаров по теме. Аудиторная нагрузка, отводимая на каждый семинар темы, ак.ч.	Самостоятельная работа: название темы самостоятельной работы; трудоемкость темы, ак.ч.		
1 Упругие волны в изотропных и анизотропных твердых средах.	1	Плоские упругие волны в неограниченных твердых телах.	Соотношения между смещением, деформацией и напряжением. Уравнения состояния. Уравнения движения и их решения. Тензор Грина - Кристоффеля в анизотропных средах. Влияние давления и электрического поля на скорость упругих волн.	6 ак.ч.	.	Упругие волны в изотропных твердых телах, диэлектрических и пьезоэлектрических кристаллах. Коэффициент электромеханической связи. Экспериментальные методы определения материальных констант второго и третьего порядков в твердых телах ультразвуковыми методами. 6 ак.ч.	Об ДЗ, КР	
	2	Возбуждение и регистрация ультразвуковых волн в твердых телах.	Методы возбуждения и регистрации акустических волн. Основные типы преобразователей для возбуждения и приема ультразвуковых волн; их характеристики.	6 ак.ч.		Электромагнитные акустические преобразователи. Лазерное возбуждение и регистрация упругих волн. Электрическое и акустическое согласование электроакустических преобразователей. 6 ак.ч.		Об ДЗ
	3.	Методы измерения скорости и поглощения ультразвуковых волн в твердых телах.	Измерение скорости и поглощения ультразвука в твердых телах. Источники ошибок при ультразвуковых измерениях. Измерение дисперсии скорости и поглощения.	6 ак.ч.		Аппаратура и измерительные системы для диагностики твердых тел акустическими методами. 6 ак.ч.		
2. Диагностика твер-	1.	Фотоакустические методы диагностики твердых тел.	Основные механизмы генерации фотоакустического (ФА) сигнала. Особенности оптической генерации акустических волн в различных средах. Тепловые волны и их использование для неразрушающей диагностики твердых тел.	4 ак.ч.		Оптические, акустические и термоэлектрические методы детектирования ФА сигнала. Использование 4 ак.ч.	КР, ДЗ	

2	Акустическая эмиссия в твердых телах	Источники акустической эмиссии. Связь акустической эмиссии с дефектами кристаллической решетки. Основные параметры акустической эмиссии. Акустическая эмиссия при деформации материалов. Эффект Кайзера. Области применения акустической эмиссии.	4 ак. ч.		Аппаратура и измерительные системы для неразрушающего контроля твердых тел методом акустической эмиссии. 4 ак.ч.	Об, ДЗ
3	Линейные и нелинейные акустические методы в неразрушающем контроле материалов и конструкций.	Ультразвуковая диагностика твердых тел: принципы, возможности, разрешение.	6 ак. ч.		Резонансная ультразвуковая спектроскопия и лазерная интерферометрия. 6 ак.ч. Акустическая микроскопия. Получение изображения. Контраст. Нелинейная микроскопия. 4 ак.ч.	Об, ДЗ
4.	Автоматизация ультразвуковых измерений в физике твердого тела.	Особенности применения ЭВМ в акустическом эксперименте. Электрические методы измерения неэлектрических величин. Датчики физических величин. Аналоговые и цифровые измерительные приборы. Пакеты программ для ПК.	4 ак. ч.		Датчики физических величин: силы, линейных перемещений, угла поворота, температуры, магнитного поля, оптические датчики. Примеры автоматизации ультразвуковых измерений в твердых телах. 6 ак. ч.	К, ДЗ

Предусмотрены следующие формы текущего контроля успеваемости.

1. Домашнее задание (ДЗ);
2. Контрольная работа (КР);
3. Коллоквиум (К);
4. Обсуждение (Об).

9. Место дисциплины в структуре ООП ВПО

1. Обязательная дисциплина.
2. Вариативная часть, блок профессиональной подготовки, дисциплина магистерской программы
3. Курс связан с рядом дисциплин, преподаваемых на физическом факультете. К началу изучения курса студент должен владеть знаниями общей физики, механики сплошных сред, теоретической механики, теоретических основ акустики, с которыми он методически связан.
 - 3.1. Дисциплины, которые должны быть освоены для начала освоения данной дисциплины: общая физика, механика сплошных сред, введение в акустику.
 - 3.2. Дисциплины, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее: спецкурсу «Акустическая нелинейность твердых тел». Выполнение магистерской диссертации.

10. Образовательные технологии

Изложение в основном ведётся традиционным способом (с использованием фломастеров, мела и доски). Ряд лекций читается с использованием современных мультимедийных возможностей и проекционного оборудования. Во время проведения коллоквиума проводится общая дискуссия по темам соответствующих разделов курса.

11. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации:

Примерный список вопросов для проведения текущей и промежуточной аттестации:

1. Уравнения состояния в анизотропном кристалле. Соотношения между смещением, деформацией и напряжением. Материальные константы второго и третьего порядков. Размерность и порядок величины этих постоянных.
2. Упругие волны в изотропных и анизотропных твердых телах. Уравнения движения и их решения. Тензор Грина- Кристоффеля.
3. Влияние давления и электрического поля на скорость упругих волн.
4. Определение упругих констант в твердых телах из ультразвуковых измерений на примере кубического кристалла без пьезоэффекта.
5. Упругие волны в пьезоэлектрических кристаллах.
6. Определение упругих и пьезоэлектрических констант твердых тел из ультразвуковых измерений на примере кубического кристалла, обладающего пьезоэффектом.
7. Пьезоактивные волны в пьезоэлектрических кристаллах.
8. Коэффициент электромеханической связи.
9. Импульсный метод измерения скорости и поглощения упругих волн в твердых телах.
10. Методы возбуждения и приема упругих волн.
11. Резонансный метод измерения скорости и поглощения акустических волн.
12. Факторы, влияющие на точность измерений скорости и поглощения акустических волн.
13. Акустические методы в неразрушающем контроле твердых тел.
14. Фотоакустические методы в физике твердого тела.
15. Исследования нелинейных упругих свойств твердых тел спектральным методом (генерация высших упругих гармоники).
16. Методы абсолютных измерений амплитуды смещения в акустической волне.
17. Электрические методы измерения неэлектрических физических величин.
18. Автоматизация акустических измерений с использованием персонального компьютера.

Примерный список заданий для проведения текущей и промежуточной аттестации:

1. Уравнение состояние для диэлектрического кристалла в квадратичном приближении.
2. Получить выражения для компонент тензора Кристоффеля Γ_{ik} в кристаллах произвольного класса без учета пьезоэффекта.
3. Получить выражения для компонент тензора Кристоффеля Γ_{ik} в кристаллах германата висмута класса **23** с учетом пьезоэффекта.
4. Влияние анизотропии на распространения упругих волн на примере кубического кристалла.
5. Схема экспериментальной установки для измерения скорости и поглощения упругих волн в твердых телах резонансным методом.
6. Схема экспериментальной установки для измерения скорости и поглощения упругих волн в твердых телах импульсным методом.
7. Схема экспериментальной установки для измерения нелинейных упругих волн спектральным методом.
8. Емкостной метод абсолютного измерения амплитуды смещения в акустической волне.
9. Принцип действия электромагнитного акустического преобразователя.
10. Лазерное возбуждение ультразвуковых волн в твердых телах.
11. Пьезоэлектрические преобразователи для излучения и регистрации упругих волн в твердых телах.
12. Методы электрического и акустического согласования электроакустических преобразователей.

13. Влияние дифракции на точность измерения скорости и поглощения упругих волн в твердотельных образцах конечных размеров.
14. Влияние не параллельности торцов образца на точность измерения скорости и поглощения упругих волн.
15. Написать выражения для расчета скоростей продольных и сдвиговых волн в изотропном твердом теле, в котором известны его плотность и коэффициенты упругости.

12. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

12.1. При изучении курса основное внимание следует уделять физическим механизмам изучаемых явлений, их связи с другими акустическими явлениями и эффектами в диагностируемых средах, типичным значениям основных величин, характеризующих процесс или явление, вопросам практического значения изучаемых акустических явлений для неразрушающей диагностики твердых тел.

12.2. Литература

Основная:

1. Э. Дьелесан, Д. Руайе. Упругие волны в твердых телах. М.: Наука, 1982.
2. Красильников В.А., Крылов В.В. Введение в физическую акустику. - М.: Наука, 1984.
3. Труэлл Р., Эльбаум Ч., Чик Б. Ультразвуковые методы в физике твердого тела. - М.: Мир, 1972.
4. Такер Д., Рэмpton В. Гиперзвук в физике твердого тела. - М.: Мир, 1975.
5. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники. - М.: Мир, 1993, т. 1,2,3.
6. Кайно Г. Акустические волны. - М.: Мир, 1993.
7. Балдев Радж, В. Раджеран, П. Паланичами. Применение ультразвука. М. Техносфера. 2006.
8. Акустика в задачах (под редакцией С.Н. Гурбатова и О.В. Руденко). – М. Наука, 1996.
9. Акустические кристаллы. Справочник. М.: Наука, 1982. 632 с.
10. В.Э. Гусев, А.А. Карабутов. Лазерная оптоакустика. М.: Наука, 1991. 304 с.
11. Ермолов И.Н., Алешин Н.П., Потапов А.И. Неразрушающий контроль. Акустические методы контроля (под редакцией проф. В.В. Сухорукова). – М.: Высшая школа, 1991.
12. Грешников В.А., Дробот Ю.Б. Акустическая эмиссия. - М.: Изд-во стандартов, 1976.

Дополнительная:

1. Ультразвук. Маленькая энциклопедия. - М.: Сов. энциклопедия, 1980.
2. Физическая акустика /под ред. У. Мэзона Т. 1-7. - М.: Мир, 1966-1978.
3. Лямов В.Е. Поляризационные эффекты и анизотропия взаимодействия акустических волн в кристаллах. - М.: Изд-во МГУ, 1983.

Периодическая литература:

1. О.В. Руденко. Гигантские нелинейности структурно-неоднородных сред и основы методов нелинейной акустической диагностики. УФН, 2006 Т.176 с.77.
2. А.И. Коробов, Н.И. Одина, Д.М. Мехедов. Влияние медленной динамики на упругие свойства материалов с остаточными и сдвиговыми деформациями. Акустический журнал, 2013, том 59, № 4, с. 438-444
4. О.В. Руденко, А.И. Коробов, М.Ю. Изосимова. Нелинейность твердых тел с микро- и наномасштабными дефектами и особенности ее макроскопических проявлений. Акуст. журнал. 2010. Т.56. № 2. С.187-193.
5. А.И. Коробов, Прохоров В.М., Д.М. Мехедов. Упругие постоянные второго и третьего порядков алюминиевого сплава В95 и композита В95/наноалмаз. Физика твердого тела, 2013, том 55, № 1, с. 10-13.
6. Красильников В.А. «Нелинейная акустика конденсированных сред: история и развитие» 45, с. 423-430 (1999)

Интернет-ресурсы:

www.akzh.ru, www.akin.ru, <http://journals.ioffe.ru/jtf/>

Методические указания к лабораторным занятиям:

... Научно-исследовательская практика, задачи спецпрактикума кафедры акустики: «Искажение формы и поглощение мощных ультразвуковых волн в жидкости», «Численное моделирование нелинейных и дифракционных эффектов в звуковых пучках», «Нелинейные волны в средах с дисперсией».

Методические указания к практическим занятиям. Описание и практическое руководство к экспериментальным установкам: «Сканирующий лазерный виброметр PSV-300 фирмы Polytec» (Германия), «Система для исследования акустических свойств материалов RITEC SNAP» (США), «Автоматизированная экспериментальная установка для фотоакустических исследований.»

Программное обеспечение современных информационных компьютерных технологий.

13. Материально-техническое обеспечение

13.1. Помещения - учебная аудитория. Лекционные и семинарские занятия по дисциплине проводятся в соответствии с требованиями к материально-техническим условиям реализации ООП (п.5.3. образовательного стандарта МГУ по направлению подготовки «Физика»). Аудиторный фонд для проведения учебных занятий включает достаточное количество аудиторий для проведения лекций и семинарских занятий с количеством посадочных мест не менее 12 в каждой аудитории.

13.2. Оборудование – доска, фломастеры или мел.

№

Распределение компетенций по дисциплинам

