МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»

Физический
(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДАЮ:

И.о. декана
физического факультета _____ Малышев А.И.

« 30 » августа 2017г.

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Методы физической акустики в физическом материаловедении
(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования
бакалавриат
(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность
03.03.02 «Физика»
(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы
Физика конденсированного состояния
(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Квалификация (степень)
бакалавр
(бакалавр / магистр / специалист)

Форма обучения
очно-заочная
(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород
2017
год набора 2013

1. Место и цели дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Методы физической акустики в физическом материаловедении» относится к вариативной части ОПОП, является дисциплиной выбора и изучается на 5 курсе в 9 семестре.

Целями освоения дисциплины являются:

- ознакомление студентов с современными акустическими методами неразрушающего контроля конструкционных материалов;
- ознакомление студентов с современными акустическими методами исследования структуры и свойств конструкционных материалов;
- освоение студентами экспериментальных методов исследования упругих и неупругих свойств материалов.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции	**Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций**
ПК-1 способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин	Знать основные методы акустического неразрушающего контроля материалов. Уметь применять теоретические знания в области физики и механики твердого тела, физического материаловедения для решения экспериментальных задач в профессиональной деятельности (проведение экспериментальных исследований с использованием методов акустики). Владеть навыками анализа результатов исследований неупругости и внутреннего трения.
ПК-3 готовность применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований	Знать требования техники безопасности при работе с аппаратурой для проведения акустических исследований (обратный крутильный маятник, акустическая резонансная установка). физическую природу релаксационных процессов, анализируемых с использованием методов внутреннего трения и особенности их изучения с использованием различных методов внутреннего трения. Уметь объяснить суть физических явлений, рассматриваемых в данном учебном курсе, объяснить связь между явлениями, представить математическое описание явлений, обнаруженных при проведении лабораторных работ. Владеть методами неупругости и внутреннего трения для решения научно-исследовательских задач (в соответствии со своей магистерской программой).
ПК-4 способность применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин	Знать причины, вызывающие неупругость и внутреннее трение в материалах. Уметь использовать современные библиографические и реферативные базы данных для анализа полученных результатов и их сопоставления с данными других авторов. Владеть экспериментальными методами изучения неупругости и внутреннего трения конструкционных материалов.

3. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет 6 зачетных единиц, всего 216 часов, из которых 34 часа составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (16 часов занятия лекционного типа, 16 часов занятия семинарского типа (практические занятия), в том числе 2 часа - мероприятия текущего контроля успеваемости, 2 часа - мероприятия промежуточной аттестации), 182 часа составляет самостоятельная работа обучающегося.

Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	**Всего (часы)**	**В том числе**				
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них				**Самостоятельная работа обучающегося, часы**
		Занятия лекционного типа	**Занятия семинарского типа**	**Занятия лабораторного типа**	**Всего**	
	Очно-заочное	Очно-заочное	Очно-заочное	Очно-заочное	Очно-заочное	Очно-заочное
Тема 1: Введение. Упругие колебания. Распространение волн в твердом теле	22	2			2	20
Тема 2: Акустические методы неразрушающего контроля	26	3	3		6	20
Тема 3: Элементы теории неупругих явлений в металлах и сплавах. Релаксационные процессы. Наложение и взаимодействие релаксаций	31	2	3		5	26
Тема 4: Внутреннее трение, связанное с диффузией под механическим напряжением растворенных атомов	22	2			2	20
Тема 5: Дислокационное внутреннее трение	27	3	4		7	20
Тема 6: Релаксация по границам зерен	25	2	3		5	20
Тема 7: Применение методов ВТ в исследовательской практике. Определение энергии активации диффузии атомов углерода в решетке альфа-железа	25	2	3		5	20
В т.ч.текущий контроль	2		2		2	
Промежуточная аттестация - **Экзамен**						

Примечание: Краткое содержание отдельных разделов (тем) дисциплины приведено в Приложении 1 к рабочей программе дисциплины «Методы физической акустики в физическом материаловедении».

4. Образовательные технологии

В процессе изучения дисциплины используются следующие образовательные технологии: проблемный метод изложения материала, диалогическая форма проведения лекций, ретроспективное изложение материала по мере развития теории спекания. Лекции проводятся с использованием средств мультимедиа.

Самостоятельная работа студентов связана с применением компьютерных и информационно-коммуникационных технологий.

В преподавании дисциплины активно используются интерактивные технологии групповой работы на практических занятиях, когда студенты обсуждают с преподавателем предложенную им задачу (научно-практическую проблему) как индивидуально («преподаватель – студент»), так и в ходе группового обсуждения с преподавателем возможных вариантов предложенных студентами решений («преподаватель – группа студентов»). В ходе обсуждения преподаватель может высказывать конструктивные критические замечания к предлагаемым решениям, просить студентов уделить особое внимание какому-нибудь аспекту рассматриваемого явления (обосновать сделанные выводы), а также предложить провести групповое обсуждение рассматриваемой проблемы и придти к единому мнению.

5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа студентов включает активное изучение лекционного материала, основной и вспомогательной учебной литературы, а также соответствующих разделов учебных и учебно-методических пособий, перечень которых приведен в п.7 настоящей рабочей программы дисциплины.

Основной целью самостоятельной работы является подготовка подготовка к ответам на вопросы (практические задания), заданные преподавателем для самостоятельного разбора.

Для проведения самостоятельной работы обучающимся предоставляются свободные аудитории, доступ к компьютерной технике и, в случае необходимости, доступ к исследовательскому оборудованию, перечень которого приведен в п.8 настоящей рабочей программы дисциплины.

6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине, включающий:

6.1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования.

Перечень компетенций, включая указание результатов обучения (знаний, умений, владений) приведен в п.2 настоящей Рабочей программы дисциплины.

6.2. Описание шкал оценивания.

При промежуточной аттестации студентов на экзамене ииспользуется традиционная семибалльная шкала оценивания (выставления оценки («Плохо», «Неудовлетворительно», «Удовлетворительно», «Хорошо», «Очень хорошо», «Отлично», «Превосходно»)), общие критерии выставления оценок по которой определены приказом ректора ННГУ №229-ОД от 10 октября 2002 г., а также рекомендации учебно-методической комиссии физического факультета (см. источник [1] в п.6.5 программы дисциплины):

Оценка	Критерий выставления
Превосходно	Отличная подготовка. Студент самостоятельно решает задачу, отвечает полностью на вопросы билета и дополнительные вопросы (задания), выходящие за рамки изученного объема курса и изученных алгоритмов и подходов, проявляя инициативу и творческое мышление.
Отлично	Отличная подготовка. Студент отвечает полностью на вопросы билета, самостоятельно решает задачу в рамках изученных алгоритмов и подходов. При ответе на вопросы допускаются незначительные неточности.
Очень хорошо	Хорошая подготовка. Студент показывает хороший уровень знания вопросов билета, самостоятельно решает задачу и отвечает на вопросы (задания) преподавателя с небольшими неточностями.
Хорошо	Хорошая подготовка. Студент показывает средний уровень знания вопросов билета, решает задачу с наводящими вопросами преподавателя и отвечает на некоторые дополнительные вопросы преподавателя (в рамках билета).
Удовлетворительно	Удовлетворительная подготовка. Студент показывает удовлетворительное знание вопросов билета и знание базовых понятий, может решить типовую задачу с помощью преподавателя.
Неудовлетворительно	Студент показывает неудовлетворительное знание основ курса и базовых понятий. Задача не решена. Необходима дополнительная подготовка для успешного прохождения испытания.
Плохо	Подготовка совершенно недостаточна. Последующая пересдача возможна только с комиссией.

6.3. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине, характеризующих этапы формирования компетенций.

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие процедуры и технологии:

- тестирование (текущий контроль);
- индивидуальное собеседование (текущий контроль, промежуточная аттестация);

– письменные ответы на вопросы (промежуточная аттестация).

Для оценивания результатов обучения в виде умений используются следующие процедуры и технологии:

– простые практические контрольные задания (задачи) (текущий контроль, промежуточная аттестация);
– отчеты по лабораторным работам (текущий контроль);
– индивидуальная или групповая дискуссия с преподавателем при обсуждении возможных вариантов решения поставленных задач (текущий контроль);

Для оценивания результатов обучения в виде владений (оценка навыков) используются следующие процедуры и технологии:

– контрольные задания (задачи) (текущий контроль, промежуточная аттестация).

Критерии и шкалы оценивания сформированности компетенций приведены в п.2.1 Фонда оценочных средств дисциплины «Методы физической акустики в физическом материаловедении».

6.4. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции.

Типовые контрольные задания для текущего итогового контроля сформированности компетенций приведены в п.3 Фонда оценочных средств дисциплины «Методы физической акустики в физическом материаловедении».

6.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания.

[1] Морозов О.А., Солдатов Е.А., Чупрунов Е.В. «О примени семибалльной системы оценки уровня знаний студентов на физическом факультете // Вестник ННГУ. Серия «Инновации в образовании». 2005, Выпуск 1(6), с. 105-111.

[2] Приказ ректора ННГУ №229-ОД от 10 октября 2002 г. о введении семибалльной системы оценивания в ННГУ.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Сысоев А.Н., Грязнов М.Ю., Чувильдеев В.Н. Определение коэффициента диффузии атомов углерода в решетке α-Fe. в кн. Физика твердого тела: лаб. практикум : учеб. пособие для вузов : в 2 т. Т. 1. - М.: Высшая школа, 2001. - 364 с., с. 3-26. http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=42524
2. Сысоев А.Н., Чувильдеев В.Н. Определение динамического модуля сдвига и величины внутреннего трения в металлах. в кн. Физика твердого тела: лаб. практикум : учеб. пособие для вузов : в 2 т. Т. 1. - М.: Высшая школа, 2001. - 364 с., с. 27-37. ttp://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=42524
3. Неразрушающий контроль. В 5 кн. Кн. 2. Акустические методы контроля: Практическое пособие/ Ермолов И.Н. и др. – М.: Высш. шк., 1991. 283 с. http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=299472
4. Труэлл Р. , Эльбаум Р., Чик Б - Ультразвуковые методы в физике твердого тела: пер. с англ. - М.: Мир, 1972. - 307 с. http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=82927
5. Криштал М.А., Головин С.А. Внутреннее трение и структура металлов. М.: Металлургия, 1976. 376 с. http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=368846
6. Бернштейн М. Л., Займовский В. А. - Механические свойства металлов: [учеб. для вузов по специальностям "Физика металлов" и "Металловедение, оборудование и технология терм. обраб. металлов"]. - М. : Металлургия, 1979. - 495 с. http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=370795&DB=1

б) дополнительная литература:

1. Внутреннее трение и тонкое строение металлов и неорганических материалов. Сб. статей – М.: Наука, 1985, 267 с. http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=78341
2. Внутреннее трение в металлических материалах. Сб. статей – М.: Наука, 1970, 207 с. http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=368842
3. Постников В. С. - Внутреннее трение в металлах. - М. : Металлургия, 1974. - 351 с. http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=368850&DB=1
4. Грязнов М.Ю. Экспериментальное и теоретическое исследование внутреннего трения в микрокристаллических металлах. Автореферат дисс. к.ф.-м.н. – Н.Новгород: ННГУ, 1999, 19 с. http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=411612
5. Блантер М.С., Пигузов Ю.В. и др. Метод внутреннего трения в металловедческих исследованиях: Справ. Издание. М.: Металлургия, 1991. 248 с. http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=368848
6. Гегузин Я.Е. Очерки о диффузии в кристаллах – М.: Наука, 1974 http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/Geguzin1974ru.djvu
7. Павлов П. В., Хохлов А. Ф. - Физика твердого тела: учебник. - М.: Высшая школа, 2000. - 494 с. http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=44686
8. Физическое металловедение: [в 3 вып.] : пер. с англ. Вып. 1. - М.: Мир, 1967. - 333 с., 1 л. табл. http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=357013&DB=1
9. Физическое металловедение: [в 3 вып.] : пер. с англ. Вып. 2. - М.: Мир, 1968. - 490 с. http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=357014&DB=1
10. Трушин Ю.В. Физическое материаловедение – СПб.: Наука, 2000, 286 с. http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=43105&DB=1
11. Бокштейн Б.С. Атомы блуждают по кристаллу – М.: Наука, 1984, 207 с. http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=78357
12. Бокштейн Б.С. Диффузия в металлах. Учебное пособие – М.: Металлургия, 1978, 248 с. http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=369842&DB=1

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. http://www.lib.unn.ru/ - сайт Фундаментальной библиотеки ННГУ.
2. http://www.unn.ru/books/ - фонд образовательных электронных ресурсов ННГУ.
3. https://e.lanbook.com – сайт электронно-библиотечной системы «ЛАНЬ», содержащий в открытом доступе книги по отдельным разделам дисциплины.
4. http://onlinelibrary.wiley.com - сайт американского издательства «Wiley», публикующего статьи и монографии по актуальным направлениям физики конденсированного состояния и физического материаловедения, совпадающим с тематикой отдельных разделов преподаваемой дисциплины.
5. http://www.sciencedirect.com – сайт международного издательства «Elsiveir», публикующего статьи и монографии по актуальным направлениям физики конденсированного состояния и физического материаловедения, совпадающим с тематикой отдельных разделов преподаваемой дисциплины.
6. http://new.pm-i-fp.ru сайт электронной библиотеки МИСиС
7. https://books.google.ru сайт международной электронной библиотеки

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Библиотечные залы и компьютерные классы ННГУ и НИФТИ ННГУ, обеспечивающие доступ к Интернет – ресурсам. Для чтения лекций со стороны физического факультета и НИФТИ ННГУ предоставляются аудитории с презентационным оборудованием.

Для освоения дисциплины предоставляется доступ к современному исследовательскому и технологическому оборудованию, необходимому для проведения практических занятий, в том числе:

- Установка «Обратный крутильный маятник».
- Акустическая резонансная установка.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 03.03.02 – «Физика».

Автор (ы) _____ д.ф.-м.н., проф. Чувильдеев В.Н., ведущий инженер Сысоев А.Н.

Рецензент (ы) _____

Зав. кафедрой ФМВ _____ д.ф.-м.н. профессор Чувильдеев В.Н.

Программа одобрена на заседании методической комиссии физического факультета от « 30 » августа 2017 г., протокол № б/н

Председатель учебно-методической комиссии физического факультета ННГУ _____ Сдобняков В.В.

Приложение 1

Краткое содержание основных разделов (тем) дисциплины
«Методы физической акустики в физическом материаловедении»

Основные темы дисциплины:

1. Упругие колебания. Распространение волн в твердом теле. Продольные и поперечные волны. Поверхностные волны (волны Релея). Скорость распространения продольных и поперечных волн. Фазовая, групповая скорости. Затухание ультразвуковых волн. Коэффициент затухания, коэффициент поглощения и коэффициент рассеяния. Отражение волн на границе раздела двух сред. Коэффициент отражения и коэффициент преломления. Падение плоской волны под углом к поверхности раздела двух сред. Трансформация типов волн. Источники и приемники акустических волн. Электроакустические преобразователи. Аппаратура для неразрушающего контроля.
2. Классификация акустических методов неразрушающего контроля. Активные методы. Пассивные методы. Метод бегущих волн и метод колебаний. Методы отражения и методы прохождения волн. Теневой метод, временной теневой, зеркально-теневой, велосиметрический, эхо-метод, зеркальный эхо-метод. Импедансный метод. Акустико-эмиссионный метод. Контроль физико-механических свойств материалов акустическими методами. Контроль упругих свойств. Акустическая тензометрия. Контроль состава и плотности материалов. Контроль размеров зерна и включений в металлах. Определение упругих и неупругих характеристик материалов методом колебаний. Свободные, вынужденные колебания, автоколебания. Связь характеристик колебаний стержня (частота, декремент колебаний) с его упругими и неупругими характеристиками. Применение метода колебаний в исследовательской практике.
3. Элементы теории неупругих явлений в металлах и сплавах. Модель Максвелла Модель Фогта. Релаксационные процессы. Наложение и взаимодействие релаксаций. Модель стандартного линейного тела. Релаксированный и нерелаксированный модули упругости. Динамический модуль упругости. Зависимость модуля упругости и ВТ от частоты и температуры.
4. ВТ, связанное с диффузией под механическим напряжением растворенных атомов. Релаксация Снука. Ориентационная зависимость, концентрационная зависимость, влияние размеров зерна, легирующих элементов. Водородная релаксация Снука в О.Ц.К. металлах. Релаксация Зинера.
5. Дислокационное внутреннее трение. Модель Гранато-Люкке. Уравнение движения дислокаций и его решение. Влияние амплитуды деформации на ВТ. Амплитудно-зависимое внутреннее трение (АЗВТ). Влияние теплового движения на дислокационное ВТ. Модель перегибов.
6. Релаксация по границам зерен. Релаксационное зернограничное внутреннее трение. Температурный фон внутреннего трения.
7. Применение методов ВТ в исследовательской практике. Определение энергии активации диффузии атомов углерода в решетке альфа-железа.

Темы лабораторных работ:

1. Изучение механических свойств пористого керамического материала ультразвуковыми методами.
2. Определение упругих и неупругих характеристик материалов на акустической резонансной установке.
3. Определение коэффициента диффузии атомов углерода в решетке альфа-железа.
4. Определение динамического модуля сдвига и величины внутреннего трения в металлах.