

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 2017 г.

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Физическое материаловедение

(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 «Физическое материаловедение» относится к вариативной части ОПОП, является обязательной для изучения на 5 курсе обучения, в 9-10 семестрах.

Целями освоения дисциплины являются:

- познакомить студентов с основными понятиями, законами и методами современной теории металлов и физического материаловедения, научить использовать эти знания для решения задач, возникающих перед специалистами-материаловедами;
- научить описывать явления, протекающие в металлах и сплавах при деформационно-термическом воздействии на языке физического металловедения;
- научить эффективному использованию знаний в области теории дефектов и диффузионно-контролируемых процессов в металлах, сплавах и керамиках для решения практических задач по выбору оптимальных режимов обработки материалов с целью получения в них требуемого уровня физико-механических свойств;
- научить составлять рекомендации (предписания), позволяющие подбирать методы и режимы модификации свойств металлов и сплавов, научить практическим методам исследования структуры и физико-механических свойств металлов и сплавов;
- научить студентов использовать теоретические знания в области физики металлов и сплавов для решения практических задач (экспериментальных исследований), связанных с изучением особенностей диффузионно-контролируемых процессов в современных металлических материалах;
- выработать первичные навыки эффективной практической работы в современным исследовательским оборудованием;
- выработать навыки анализа многофакторных экспериментальных результатов, получаемых при исследовании сложных физических диффузионно-контролируемых процессов.

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	<p><u>Знать:</u></p> <p>31: Знать основные разделы физики конденсированного состояния, физического материаловедения и смежных дисциплин, формирующих фундаментальную научно-образовательную базу, необходимую для решения задач в области физики металлов, сплавов и керамик.</p> <p>32: Знать методы физических исследований, необходимые для получения новых знаний и решения задач в области физики металлов, сплавов и керамик.</p> <p><u>Уметь:</u></p> <p>У1: Уметь соотносить знания различных разделов физики конденсированного состояния с профильными знаниями в области физики металлов, сплавов и керамик, а также со знаниями в смежных областях.</p> <p>У2: Уметь использовать знания различных разделов физики конденсированного состояния и смежных дисциплин для решения типовых (стандартных) задач в области физики металлов, сплавов и керамик.</p> <p>У3: Уметь использовать специализированные знания в области физики конденсированного состояния, физического материаловедения и смежных дисциплин для обоснования выбора оптимального способа решения поставленных задач.</p> <p><u>Владеть:</u></p> <p>В1: Владеть методами, теориями и инструментарием Наук о материалах, базирующихся на различных разделах физики конденсированного состояния.</p> <p>В2: Владеть опытом использования знаний и методов физики конденсированного состояния для получения новых знаний и решения задач в области физики конденсированного состояния.</p>
ПК-4	<p><u>Знать:</u></p> <p>31: Знать основные разделы физики металлов, сплавов и керамик, необходимых используемые для решения практических задач, в том числе:</p>

	<ul style="list-style-type: none"> - основы теории диффузии и диффузионных процессов в металлах, сплавах и керамиках; - механизмы выделения и роста частиц второй фазы, в том числе знать уравнения для расчета кинетических зависимостей объемной доли и размера выделяющихся частиц второй фазы; - механизмы пластической деформации в области микро- и макропластической деформации, в том числе знать уравнения для расчета основных физико-механических свойств материалов; - основные механизмы ползучести, в том числе знать уравнения для расчета скорости ползучести; - механизмы зарождения и разрушения металлических и керамических материалов, в том числе знать их классификацию с использованием карт механизмов разрушения. <p><u>Уметь:</u></p> <p>У1: Уметь решать практические задачи, связанные с расчетом оптимальных параметров структуры металлических и керамических материалов, необходимых для обеспечения заданного уровня их физико-механических свойств.</p> <p>У2: Уметь решать практические задачи, связанные с расчетом характеристик материалов (средний размер частиц второй фазы, средний размер зерна, температура начала рекристаллизации, энергия активации рекристаллизации и др.) на основании анализа результатов экспериментальных исследований, полученных в ходе выполнения лабораторных работ.</p> <p>У3: Уметь обосновывать выбор оптимальных условий проведения экспериментальных исследований, направленных на изучение сложных физических явлений (диффузия, рекристаллизация, распад твердого раствора, деформация и разрушение) в области физики металлов, сплавов и керамик.</p> <p><u>Владеть:</u></p> <p>В1: Владеть навыками решения задач (проведения расчетов) оптимальных параметров структуры металлических материалов в заданных условиях эксплуатации.</p> <p>В2: Владеть навыками исследования сложных физических процессов (диффузии, рекристаллизации, распада твердого раствора) с использованием ряда взаимно дополняющих методик.</p> <p>В3: Владеть навыками физического анализа результатов экспериментальных исследований и их интерпретации с использованием профессиональных знаний в соответствующих областях физики металлов, сплавов и керамик.</p>
--	---

3. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет 8 зачетных единиц, всего 288 часов, из которых 87 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (28 часов занятия лекционного типа, 56 часов занятия лабораторного типа, в том числе 4 часа - мероприятия текущего контроля успеваемости, 3 часа - мероприятия промежуточной аттестации), 201 час 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				Самостоятельная работа обучающегося, часы	
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них					
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего		
9 семестр							
Тема 1: Основы диффузионных процессов в твердых телах. Феноменология и теория диффузионных процессов в металлах, сплавах и керамиках	59	8		0	8	51	
Тема 2: Процессы возврата и рекристаллизации в деформированных металлах и сплавах. Анализ процессов рекристаллизации с использованием современных методов физических исследований	120	8		32	40	80	
В т.ч. текущий контроль	2			2	2		
Промежуточная аттестация - Зачет							
10 семестр							
Тема 3: Механизмы микро- и макропластической деформации. Определение механизмов микро- и макропластической деформации с использованием традиционных и современных методов исследований механических свойств	10	4		0	4	6	
Тема 4: Механизмы распада твердого раствора в металлах и сплавах. Анализ механизмов распада твердого раствора с использованием современных методов физических исследований	46	4		24	28	18	
Тема 5: Механизмы деформации и разрушения в условиях ползучести. Анализ механизмов деформации и разрушения с использованием карт механизмов деформации и разрушения	14	4		0	4	10	
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 «Физическое материаловедение».

4. Образовательные технологии

В процессе изучения дисциплины используются следующие образовательные технологии: проблемный метод изложения материала и диалогическая форма проведения лекций, элементы научной дискуссии. Лекции и семинарские занятия проводятся с использованием средств мультимедиа.

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

В преподавании дисциплины (в части семинаров) 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 прийти к единому мнению.

Доля времени, связанного с использованием интерактивных технологий в преподавании дисциплины, составляет ~60%.

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 к выполнению лабораторных работ (практических занятий), анализ результатов, полученных в ходе выполнения лабораторных работ, а также решение задач, заданных 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 на зачете критериями оценивания являются полнота знаний, наличие умений и владений (навыков), перечисленных в п. 2 настоящей Рабочей программы дисциплины. По итогам зачета выставляется оценка «Зачтено» или «Не засчитано». Оценка «Не засчитано» означает отсутствие аттестации, оценка «Зачтено» выставляется при успешном прохождении аттестации.

«Не засчитано» – обучающийся не продемонстрировал представления об основных теоретических разделах курса, не показал минимально допустимый уровень умений и навыков выполнения практических заданий;

«Зачтено» – обучающийся продемонстрировал изложение формулировок основных теоретических положений курса и успешно показал умения и навыки выполнения практических заданий базового уровня сложности.

При промежуточной аттестации студентов на экзамене используется 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.

При проверке отчета по лабораторной работе преподавателем оценивается:

- степень понимания целей работы;
- степень достижения поставленных целей (соответствие объема выполненной работы минимальным требованиям, установленным в учебном или учебно-методическом пособии);
- качество и достоверность полученных экспериментальных результатов;
- обоснованность полученных выводов (качество анализа полученных экспериментальных результатов);
- умение объяснить полученные результаты с использованием базовых и дополнительных источников, а также знаний, полученных при изучении профильных дисциплин;
- умение представить полученные результаты (оформить отчет в соответствии с требованиями, изложенными в учебном или учебно-методическом пособии).

Решение о приеме/отклонении отчетов по проделанным лабораторным работам проводится на основании следующих критериев:

Результат	Критерий выставления
Прием отчета по лабораторной работе	Отчет о проделанной лабораторной работе содержит ряд некритических отклонений от формы, описанной в учебном (учебно-методическом) пособии к лабораторной работе. При ответах на дополнительные вопросы (при сдаче отчета по лабораторной работе) студент демонстрирует знание основного материала с рядом негрубых ошибок или погрешностей, наличие минимально необходимого множества навыков, понимание сущности рассматриваемых процессов и явлений, умение обозначить проблемные ситуации, владение источниками, а также отвечает на большинство поставленных вопросов. В тексте отчета неправомерные заимствования отсутствуют.
Отклонение отчета по лабораторной работе	Отчет о проделанной лабораторной работе не представлен или форма представленного отчета существенно отличается от формы, описанной в учебном (учебно-методическом) пособии к лабораторной работе. При ответах на дополнительные вопросы (при сдаче отчета по лабораторной работе) студент демонстрирует полное непонимание смысла проблем, присутствуют грубые ошибки в основном материале, студент не демонстрирует достаточно полное владение терминологией, а также отсутствует один или несколько навыков, предусмотренных данной компетенцией. В тексте отчета встречаются элементы неправомочного заимствования, в том числе – текста лабораторных работ других студентов.

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);
- 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:

- комплексные практические задания (отчеты по лабораторным работам) (текущий контроль, промежуточная аттестация);
- практические контрольные задания повышенной сложности (факультативные задачи или практические задания) (текущий контроль, промежуточная аттестация).

Критерии и шкалы оценивания сформированности компетенций приведены в п.2.1 Фонда оценочных средств дисциплины «Физическое материаловедение».

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 и промежуточного (итогового) контроля сформированности компетенций приведены в п.3 Фонда оценочных средств дисциплины «Физическое материаловедение».

6.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания.

[1] Морозов О.А., Солдатов Е.А., Чупрунов Е.В. О применении 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. Нохрин А.В., Лопатин Ю.Г., Пискунов А.В., Чувильдеев В.Н., Смирнова Е.С. «Изучение процессов рекристаллизации при отжиге сильно деформированных металлов. Практикум» - Н.Новгород: ННГУ, 2016, 31 с. (электронное издание, http://www.unn.ru/books/met_files/Recrystallization.pdf)
2. Гегузин Я.Е. Очерки о диффузии в кристаллах – М.: Наука, 1974 [Доступ через электронную библиотеку EqWord: <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/Geguzin1974ru.djvu>].
3. Перевезенцев В.Н., Щербань М.Ю. Рекристаллизация металлов и сплавов. Учебное пособие – Н.Новгород, ННГУ, 2000, 62 с. [3 экз. в фундаментальной библиотеке ННГУ].
4. Горелик С.С. Рекристаллизация металлов и сплавов. – М.: Металлургия, 1978, 568 с. [8 экз. в фундаментальной библиотеке ННГУ].
5. Физическое металловедение в 3 т. / Под ред. Р.У. Кана, П. Хаазена, пер. с англ. под ред. О.В. Абрамова, 3-е изд. перераб и доп. / Том 1. Атомное строение металлов и сплавов. – М.: Металлургия, 1987. 638 с. [8 экз. в фундаментальной библиотеке ННГУ].

6. Физическое металловедение в 3 т. / Под ред. Р.У. Кана, П. Хаазена, пер. с англ. под ред. О.В. Абрамова, 3-е изд. перераб. и доп. / Т. 2: Фазовые превращения в металлах и сплавах и сплавы с особыми физическими свойствами. – М.: Металлургия, 1987. 621 с. [6 экз. в фундаментальной библиотеке ННГУ].
7. Физическое металловедение в 3 т. / Под ред. Р.У. Кана, П. Хаазена, пер. с англ. под ред. О.В. Абрамова, 3-е изд. перераб. и доп. / Т. 3: Физико-механические свойства металлов и сплавов. – М.: Металлургия, 1987. 661 с. [6 экз. в фундаментальной библиотеке ННГУ].
8. Чувильдеев В.Н. Неравновесные границы зерен в металлах. Теория и приложения – М.: Физматлит, 2004, 303 с. [доступно авторизированным пользователям через электронно-библиотечную систему «ЛАНЬ»: https://e.lanbook.com/book/59342?category_pk=925#book_name]. [8 экз. в фундаментальной библиотеке ННГУ].
9. Глейтер Г., Челмерс Б. Большеугловые границы зерен. – М.: Мир, 1975, [8 экз. в фундаментальной библиотеке ННГУ].
10. Орлов А.Н., Перевезенцев В.Н., Рыбин В.В. Границы зерен в металлах. М. Металлургия, 1980. 154 с. [2 экз. в фундаментальной библиотеке ННГУ].
11. Перевезенцев В.Н., Сарафанов Г.Ф. Фрагментация при пластической деформации металлов. Учебное пособие – Н.Новгород, ННГУ, 2007, 127 с. [2 экз. в фундаментальной библиотеке ННГУ].
12. Чувильдеев В.Н., Нохрин А.В., Пирожникова О.Э., Грязнов М.Ю., Лопатин Ю.Г., Смирнова Е.С. Физика новых материалов – Н.Новгород, изд-во ННГУ, 2010, 105 с. [http://www.unn.ru/books/met_files/NokhrinAV.pdf].
13. Готтшайн Г. Физико-химические основы современного материаловедения – М.: БИНОМ, 2014, 403 с. [доступно авторизированным пользователям через электронно-библиотечную систему «Znanium.com»: <http://znanium.com/bookread2.php?book=539831>].
14. Лившиц В.Г. Металлография – М.: Металлургия, 1990, 333 с. [4 экз. в фундаментальной библиотеке ННГУ].
15. Кример Б.И., Панченко Е.В., Шишко Л.А. и др. Лабораторный практикум по металлографии и физическим свойствам металлов и сплавов. Под ред. Б.Г. Лившица – М.: Металлургия, 1966, 248 с. [3 экз. в фундаментальной библиотеке ННГУ].
16. Трушин Ю.В. Физическое материаловедение – СПб.: Наука, 2000, 286 с. [32 экз. в фундаментальной библиотеке ННГУ].

6) дополнительная литература

1. Лахтин Ю.М. Основы материаловедения. Учебник – М.: Инфа-М, 2013, 272 с. [доступно авторизированным пользователям через электронно-библиотечную систему «Znanium.com»: <http://znanium.com/bookread2.php?book=363145>]. [3 экз. в фундаментальной библиотеке ННГУ].
2. Федотов А.К. Физическое материаловедение. В 3 частях. Часть 2. Фазовые превращения в металлах и сплавах – Минск: Высшая школа, 2012, 449 с. [доступно авторизированным пользователям через электронно-библиотечную систему «Znanium.com»: <http://znanium.com/bookread2.php?book=508082> или через электронно-библиотечную систему «ЛАНЬ»: https://e.lanbook.com/book/65429?category_pk=925#book_name].
3. Чувильдеев В.Н., Нохрин А.В., Пирожникова О.Э., Смирнова Е.С., Грязнов М.Ю., Макаров И.М., Лопатин Ю.Г., Щавлева А.В., Копылов В.И. Стабильность структурыnano- и микрокристаллических материалов, полученных методами интенсивного пластического деформирования. – Н.Новгород, изд-во ННГУ, 2006, 189 с. [1 экз. в фундаментальной библиотеке ННГУ].
4. Черепахин А.А., Смолькин А.А. Материаловедение. Учебник – М.: Инфа-М, 2016, 290 с. [доступно авторизированным пользователям через электронно-библиотечную систему «Znanium.com»: <http://znanium.com/bookread2.php?book=550194>].

5. Сироткин О.С. Основы современного материаловедения. Учебник – М.: Инфа-М, 2015, 364 с. [доступно авторизированным пользователям через электронно-библиотечную систему «Znanium.com»: <http://znanium.com/bookread2.php?book=432594>].
6. Бокштейн Б.С. Термодинамика и кинетика диффузии в твердых телах – М.: Металлургия, 1974, 280 с. [1 экз. в фундаментальной библиотеке ННГУ].
7. Бокштейн Б.С. Структура и свойства внутренних поверхностей раздела в металлах – М.: Наука, 1988, 270 с. [2 экз. в фундаментальной библиотеке ННГУ].
8. Бокштейн Б.С. Атомы блуждают по кристаллу – М.: Наука, 1984, 207 с. [1 экз. в фундаментальной библиотеке ННГУ].
9. Бокштейн Б.С. Диффузия в металлах. Учебное пособие – М.: Металлургия, 1978, 248 с. [2 экз. в фундаментальной библиотеке ННГУ].
10. Мартин Дж. Микромеханизмы дисперсионного твердения сплавов» - М.: Металлургия, 1988. 167 с. [доступно через электронную библиотеку Исследовательской школы «Наноматериалы и нанотехнологии» ННГУ: <http://www.nanotech.unn.ru/sites/default/files/martin.pdf>]
11. Мартин Д.У., Доэрти Р. Стабильность микроструктуры металлических систем – М.: Атомиздат, 1978, 280 с. [1 экз. в фундаментальной библиотеке ННГУ].
12. Кристиан Дж. Теория превращения в металлах и сплавах. М.: Мир, 1978. 356 с. [1 экз. в фундаментальной библиотеке ННГУ].
13. Фрост Г. Дж., Эшби М.Ф. Карты механизмов деформации. Челябинск: Металлургия, 1989. – 328 с. [1 экз. в фундаментальной библиотеке ННГУ].
14. Орлов А.Н. Введение в теорию дефектов кристалла. М. Высшая школа, 1983. 150 с. [доступно через электронную библиотеку Исследовательской школы «Наноматериалы и нанотехнологии» ННГУ: http://www.nanotech.unn.ru/sites/default/files/a.n._orlov_vvedenie_v_teoriyu_defektov.djvu].
15. Шепелевич В.Г. Физика металлов и металловедение. Лабораторный практикум – Минск: Высшая школа, 2012, 169 с. [доступно авторизированным пользователям через электронно-библиотечную систему «Znanium.com»: <http://znanium.com/bookread2.php?book=508814>].
16. Кислов А.Н. и др. Сопротивление материалов: Лабораторный практикум. Учебное пособие для ВУЗов. Под ред. А.А. Полякова – М.: изд-во Юрайт, 2017, 127 с. [доступно через электронную библиотеку «Юрайт»: <https://biblio-online.ru/book/5C77B05B-BC99-4E4F-90F4-1A31BBCB635F>].
17. Адаскин А.М., Седов Ю.Е., Онегина А.К., Клинов В.Н. Материаловедение в машиностроении. В 2 частях. Часть 1. Учебник для академического бакалавриата – М.: Издательство Юрайт, 2017. 258 с. доступно через электронную библиотеку «Юрайт»: <https://biblio-online.ru/book/D25736F8-D240-4438-A933-DB8B6C502004>].
18. Адаскин А.М., Седов Ю.Е., Онегина А.К., Клинов В.Н. Материаловедение в машиностроении. В 2 частях. Часть 2. Учебник для академического бакалавриата – М.: Издательство Юрайт, 2017. 258 с. [доступно через электронную библиотеку «Юрайт»: <https://biblio-online.ru/book/BCDD265E-CB43-45A9-B980-FADB91F1D83C>].
19. Материаловедение и технология материалов в 2 ч. Часть 1: учебник для академического бакалавриата / Г. П. Фетисов [и др.]; отв. ред. Г. П. Фетисов. - М. : Издательство Юрайт, 2017. 385 с. [доступно через электронную библиотеку «Юрайт»: <https://biblio-online.ru/viewer/B7535AE0-7A04-4F47-B1CB-E80D5F960EA0#page/2>].
20. Материаловедение и технология материалов в 2 ч. Часть 2: учебник для академического бакалавриата / Г. П. Фетисов [и др.]; отв. ред. Г. П. Фетисов. - М. : Издательство Юрайт, 2017. 389 с. [доступно через электронную библиотеку «Юрайт»: <https://biblio-online.ru/book/FD76D572-7258-4816-86FD-678C24AC480B>].
21. Диденко И.С., Козлова Н.С., Кугаенко О.М., Петраков В.С. Физика реального кристалла. Лабораторный практикум. – М.: НИТУ «МИСИС», 2013, 76 с. [доступно авторизированным пользователям через электронно-библиотечную систему «ЛАНЬ»: https://e.lanbook.com/book/51699?category_pk=925#book_name].

22. Рекристаллизация металлических материалов. Под ред. Ф. Хеснера – М.: Металлургия, 1982, 352 с. [1 экз. в фундаментальной библиотеке ННГУ].
23. Гегузин Я.Е. Очерки о диффузии в кристаллах – М.: Наука, 1984, 311 с. [1 экз. в фундаментальной библиотеке ННГУ].
24. Павлов П.Ф., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела – М.: Высшая школа, 2000, 494 с. [35 экз. в фундаментальной библиотеке ННГУ].
25. Эшби М.Ф., Джонс Д.Р.Х. Конструкционные материалы – Долгопрудный: Интеллект, 2010, 672 с. [1 экз. в фундаментальной библиотеке ННГУ].
26. Розенберг В.М. Ползучесть металлов – М.: Металлургия, 1967, 276 с. [2 экз. в фундаментальной библиотеке ННГУ].
27. Пуарье Ж.П. Высокотемпературная пластичность кристаллических тел – М.: Металлургия, 1982, 272 с. [2 экз. в фундаментальной библиотеке ННГУ].
28. Владимиров В.И. Физическая природа разрушения металлов – М.: Металлургия, 1984, 280 с. [2 экз. в фундаментальной библиотеке ННГУ].
29. Иванова В.С., Терентьев В.Ф. Природа усталости металлов – М.: Металлургия, 1975, 454 с. [4 экз. в фундаментальной библиотеке ННГУ].

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://biblio-online.ru/> - сайт электронной библиотеки «Юрайт», содержащий в открытом доступе книги по отдельным разделам дисциплины.
4. <https://e.lanbook.com> – сайт электронно-библиотечной системы «ЛАНЬ», содержащий в открытом доступе книги по отдельным разделам дисциплины.
5. <http://www.sciencedirect.com> – сайт международного издательства «Elsevier», публикующего статьи и монографии по актуальным направлениям физики конденсированного состояния и физического материаловедения, совпадающим с тематикой отдельных разделов преподаваемой дисциплины.
6. <http://elibrary.ru/defaultx.asp> - российская научная электронная библиотека «Elibrary», публикующая статьи, тематика которых совпадает с тематикой отдельных разделов преподаваемой дисциплины.
7. <http://znanium.com> – сайт электронно-библиотечной системы «Znanium.com», содержащий книги по отдельным разделам дисциплины.
8. <http://eqworld.ipmnet.ru/> - сайт электронной библиотеки EqWord, содержащий книги по отдельным разделам дисциплины.

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 выполнения лабораторных работ со стороны НИФТИ ННГУ предоставляется доступ к современному исследовательскому и технологическому оборудованию, необходимому для проведения практических занятий, в том числе:

- воздушные муфельные печи типа «СНОЛ» для термической обработки металлов на воздухе;
- лабораторный прокатный стан;
- интерференционные металлографические микроскопы Leica DM IRM для исследования макроструктуры сплавов.
- микротвердомер ПМТ-3;
- автоматизированный микротвердомер VHS-100;
- прибор для измерения электропроводности «SIGMATEST 2.069» вихревоковым методом.

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

Автор (ы)

д.ф.-м.н. Нохрин А.В.,

Рецензент (ы)

д.ф.-м.н. Чувильдеев В.Н.
к.ф.-м.н., зав. лаб. НИФТИ
ННГУ Лопатин Ю.Г.,
к.ф.-м.н., с.н.с. НИФТИ
ННГУ Пирожникова О.Э.

Зав. кафедрой

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
«Физическое материаловедение»**

Тема 1: Основы диффузионных процессов в твердых телах. Феноменология и теория диффузионных процессов в металлах, сплавах и керамиках

Диффузия (определение). Само- и гетеродиффузия. Энергия активации диффузии и ее физический смысл. Физический смысл предэкспоненциального множителя в выражении для коэффициента диффузии. Механизмы объемной диффузии с участием точечных дефектов. Основные закономерности объемной диффузии. Законы Фика. Влияние различных факторов на интенсивность процессов диффузии.

Особенности протекания диффузии при температурах вблизи температуры Дебая. Особенности протекания объемной диффузии в керамиках.

Механизмы зернограничной диффузии. Основные закономерности зернограничной диффузии. Влияние различных факторов на интенсивность процессов зернограничной диффузии. Понятие о свободном объеме границ зерен. Влияние избыточного свободного объема на коэффициент зернограничной диффузии.

Зернограничные сегрегации. Влияние легирующих элементов на коэффициент зернограничной диффузии. Причины немонотонного влияния концентрации легирующих элементов на величину коэффициента зернограничной диффузии при различных температурах.

Эффекты Киркендалла и Френкеля. Феноменология и основные закономерности эффектов Киркендалла и Френкеля. Влияние диффузионных свойств материалов на интенсивность эффектов Киркендалла и Френкеля.

Решение задач по различным разделам темы №1.

Тема 2: Процессы возврата и рекристаллизации в деформированных металлах и сплавах. Анализ процессов рекристаллизации с использованием современных методов физических исследований

Понятие о возврата и рекристаллизации металлов и сплавов. Отличие возврата от рекристаллизации. Движущие силы процесса возврата. Полигонизация как один из механизмов возврата. Кинетика возврата. Влияние возврата на механические свойства сильно деформированных металлов и сплавов.

Классификация видов рекристаллизации по С.С. Горелику. Принципы построения диаграмм рекристаллизации.

Понятие о «зародыше» рекристаллизации. Миграционная подвижность границ зерен зародыша рекристаллизации. Влияние диффузионных свойств границ зерен на миграционную подвижность границ зародыша рекристаллизации.

Первичная рекристаллизация. Отличие первичной рекристаллизации от остальных видов рекристаллизации. Основные закономерности и движущая сила первичной рекристаллизации. Уравнение Зинера для случая первичной рекристаллизации. Влияние первичной рекристаллизации на механические свойства металлов.

Основные закономерности и движущая сила собирательной рекристаллизации (нормального роста зерен). Основные закономерности и движущая сила вторичной рекристаллизации (аномального роста зерен). Уравнение Зинера для случая собирательной рекристаллизации. Влияние собирательной рекристаллизации на механические свойства металлов.

Понятие о температуре начала рекристаллизации и времени инкубационного периода процесса рекристаллизации. Проблема формулы Бочвара для определения температуры начала рекристаллизации. Влияние различных факторов на температуру начала рекристаллизации и время инкубационного периода рекристаллизации.

Решение задач по различным разделам темы №2.

Лабораторная работа по теме №2.

Тема 3: Механизмы микро- и макропластической деформации. Определение механизмов микро- и макропластической деформации с использованием традиционных и современных методов исследований механических свойств

Общая классификация видов механических испытаний металлов и сплавов (испытания на растяжение, твердость, усталость, ползучесть). Физические процессы, лежащие в основе методов механических испытаний.

Особые точки на зависимости «деформация – разрушение». Особенности развития процессов пластической деформации в области микро- и макропластической деформации. Предел макроупругости. Предел текучести. Предел прочности. Твердость. Корреляция между этими величинами. Физический смысл основных параметров прочности.

Расчет прочностных характеристик металлов и сплавов. Вклад Пайерлса-Набарро.

Твердорастворное упрочнение. Механизмы твердорастворного упрочнения. Атмосфера. Причины образования атмосфер и их виды. Атмосфера Котрелла. Атмосфера Судзуки. Атмосфера Снука. Зуб текучести на диаграмме «напряжение-деформация».

Вклад дислокационного упрочнения. Вклад субструктурного упрочнения. Причины различного влияния хаотического распределения дислокаций и малоугловых субграниц на прочность металлов.

Виды частиц второй фазы. Дисперсное и дисперсионное упрочнение. Вклад частиц второй фазы (когерентных, некогерентных) в упрочнение материала.

Вклад размера зерна и состояния границ зерен в предел текучести. Соотношение Холла-Петча. Физический смысл коэффициента зернограничного упрочнения в соотношении Холла-Петча.

Решение задач по различным разделам темы №3.

Тема 4: Механизмы распада твердого раствора в металлах и сплавах. Анализ механизмов распада твердого раствора с использованием современных методов физических исследований

Основные методы исследований твердых растворов и закономерностей их распада при отжиге. Измерение удельного электросопротивления как основной метод исследования распада твердого раствора. Правило Матиссена. Физический смысл правила Матиссена. Причины повышения электросопротивления при увеличении плотности дефектов в кристаллической решетке. Влияние различных дефектов на электросопротивление металлов и сплавов.

Распад твердого раствора. Понятие о критическом (устойчивом) размере зародыша. Виды выделений частиц второй фазы (гомогенный, гетерогенный).

Механизм и кинетика выделения частиц второй фазы. Основные уравнения, описывающие кинетику выделения частиц второй фазы в случае гомогенного и гетерогенного распада твердого раствора. Уравнение Джонсона-Мела-Аврами-Колмогорова для кинетики распада твердого раствора. Расчет параметров уравнения Джонсона-Мела-Аврами-Колмогорова в случае выделения частиц в объеме кристаллической решетки, на границах зерен и на ядрах решеточных дислокаций.

Механизм и кинетика роста частиц второй фазы. Основные уравнения, описывающие кинетику роста частиц второй фазы в случае гомогенного и гетерогенного распада твердого раствора. Расчет параметров уравнения роста частиц в случае их преимущественного расположения (роста) в объеме кристаллической решетке, на границах зерен и на решеточных дислокациях.

Коалесценция частиц второй фазы. Физический смысл эффекта коалесценции. Уравнение Вагнера-Лившица-Слезова.

Решение задач по различным разделам темы №4.

Лабораторная работа по теме №4.

Тема 5: Механизмы деформации и разрушения в условиях ползучести. Анализ механизмов деформации и разрушения с использованием карт механизмов деформации и разрушения

Классификация видов разрушения. Факторы, влияющие на характер разрушения. Связь характера разрушения и деформационных процессов. Влияние дефектов структуры на характер

разрушения. Скол (раскалывание). Вязкое разрушение при средних температурах. Межзеренное разрушение при ползучести. Пластический разрыв.

Условия зарождения трещин. Модели зарождения и роста трещин: материалы с исходными трещинами и материалы без исходных трещин. Зарождение дефектов при различных температурно-силовых условиях. Основные уравнения, описывающие взаимосвязь разрушения с параметрами микроструктуры металлов, сплавов и керамик. Уравнения, описывающие рост трещин и пор при ползучести.

Карты механизмов разрушения материалов: ОЦК-, ГЦК- и ГПУ-металлы. Карты разрушения керамических материалов.

Прогнозирование долговечности и ресурса металлоконструкций на основании совместного анализа карт механизмов деформации и разрушения.

Подходы к учету нестабильности микроструктуры на картах механизмов деформации и разрушения металлов, сплавов и керамик.

Фрактография. Классификация видов изломов: скол, квазискол, ямочный рельеф (ямки сдвига и ямки отрыва), сочетание ямок с межзеренным разрушением, гребни отрыва, фасетки межзеренного разрушения, высокотемпературный межзеренный рельеф, усталостные бороздки, смешанный рельеф разрушения. Идентификация механизмов деформации и разрушения с использованием фрактографии.

Решение задач по различным разделам темы №5.