

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования "Пермский
государственный национальный исследовательский
университет"**

Кафедра нанотехнологий и микросистемной техники

Авторы-составители: **Волынцев Анатолий Борисович**

Рабочая программа дисциплины

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Код УМК 93718

Утверждено
Протокол №9
от «13» мая 2020 г.

Пермь, 2020

1. Наименование дисциплины

Физические свойства металлов и сплавов

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в обязательную часть Блока « Б.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление: **28.03.01** Нанотехнологии и микросистемная техника
направленность Материалы микро- и наносистемной техники

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Физические свойства металлов и сплавов** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника (направленность : Материалы микро- и наносистемной техники)

ПК.2 Способен контролировать и прогнозировать физические свойства материалов с помощью различных инструментальных методов и компьютерного моделирования

Индикаторы

ПК.2.1 Использует в своей профессиональной деятельности соотношения и взаимосвязи между структурой материалов и их физическими свойствами для достижения требуемых рабочих параметров объектов микро- и наносистемной техники

ПК.2.2 Применяет современные, как инструментальные, так и компьютерные методы изучения и прогнозирования свойств материалов

4. Объем и содержание дисциплины

Направления подготовки	28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника (направленность: Материалы микро- и наносистемной техники)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	11
Объем дисциплины (з.е.)	3
Объем дисциплины (ак.час.)	108
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	42
Проведение лекционных занятий	28
Проведение практических занятий, семинаров	14
Самостоятельная работа (ак.час.)	66
Формы текущего контроля	Защищаемое контрольное мероприятие (2) Итоговое контрольное мероприятие (1)
Формы промежуточной аттестации	Зачет (11 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

1. Элементы зонной теории твердого тела

Энергетические зоны кристалла. Методы сильной и слабой связи. Метод почти свободных электронов. Квантовая статистика электронов. Особенности электронного строения различных металлов.

2. Электросопротивление металлов и сплавов

Основные понятия. Классическая теория проводимости Лоренца. Правило Матиссена. Эффект Холла. Влияние на электросопротивление металлов типа кристаллической решетки, температуры, давления, наклепа и отжига. Остаточное электросопротивление. Влияние на электросопротивление примесей. Электросопротивление неупорядоченных и упорядоченных твердых растворов. Электросопротивление неоднородных твердых растворов, К-состояние. Электросопротивление промежуточных фаз. Электропроводность гетерогенных систем. Основные методы измерения электропроводности металлов и сплавов. Использование измерений электросопротивления в физическом материаловедении.

3. Термоэлектричество

Эффект Зеебека. Эффект Пельтье. Эффект Томсона. Контактная разность потенциалов и ее вклад в термоЭДС. Электронная составляющая термоЭДС. Использование измерений термоЭДС в физическом материаловедении и для регистрации температуры с помощью термопар. Основные типы термопар. Методы измерения термоЭДС. Использование измерений термоэлектрических свойств в физическом материаловедении.

4. Теплоемкость

Теории теплоемкости Дебая и Эйнштейна. Зависимость решеточной теплоемкости от температуры. Теплоемкость электронного газа. Влияние на теплоемкость фазовых переходов, наклепа, примесей, процессов упорядочения. Методы измерения теплоемкости: метод Сайкса и метод Смита. Применение измерений теплоемкости в физическом материаловедении.

5. Теплопроводность

Решеточная теплопроводность и ее зависимость от температуры. Электронная теплопроводность и ее зависимость от температуры. Влияние на теплопроводность примесей, наклепа и фазовых превращений. Основные методы измерения теплопроводности. Применение измерений теплопроводности в физическом материаловедении.

6. Плотность и термическое расширение металлов и сплавов

Плотность и термическое расширение металлов и сплавов. Двухатомная модель. Уравнение Грюнайзена. Зависимость коэффициента теплового расширения от температуры, влияние на него фазовых превращений. Инвары. Методы измерения плотности и термического расширения металлов. Применение измерений плотности и термического расширения в физическом материаловедении.

7. Диамагнетики и парамагнетики

Полуклассическая теория диамагнетизма. Теория парамагнетизма Ланжевена, пределы ее применимости. Парамагнетизм электронного газа. Пара- и диамагнитная восприимчивость различных металлов, влияние на нее особенностей электронного строения. Методы измерения пара- и диамагнитной восприимчивости. Применение измерений пара- и диамагнитной восприимчивости в физическом материаловедении.

8. Ферромагнетизм

Опыты Дорфмана. Обменный интеграл. Ферромагнетики и антиферромагнетики. Ферриты. Доменная структура и факторы, влияющие на нее. Магнитная анизотропия. Магнитоупругая энергия, магнитострикция. Влияние различных факторов (примесей, температуры, деформации, отжига) на

характеристики ферромагнетиков. Магнитомягкие и магнитожесткие ферромагнетики. Методы измерения магнитных свойств ферромагнетиков. Применение измерений магнитных свойств ферромагнетиков в физическом материаловедении.

9. Особенности упругих характеристик некоторых наноматериалов

Ферромагнитная аномалия упругости. Элинвары. Методы измерения упругих модулей. Применение измерений упругих модулей в физическом материаловедении.

10. Внутреннее трение металлов и сплавов

Основные механизмы внутреннего трения (релаксация, гистерезис, резонанс). Методы измерения внутреннего трения. Применение измерений внутреннего трения в физическом материаловедении.

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная:

1. Разумовская, И. В. Физика твердого тела. Часть 2. Динамика кристаллической решетки. Тепловые свойства решетки / И. В. Разумовская. — Москва : Прометей, 2011. — 64 с. — ISBN 978-5-4263-0032-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/9611>

2. Абрикосов А. А. Основы теории металлов:[учебное пособие для студентов и аспирантов физических специальностей вузов]/А. А. Абрикосов ; ред. Л. А. Фальковский.-Москва:Физматлит,2010, ISBN 978-5-9221-1097-6.-600.-Библиогр.: с. 581-594

Дополнительная:

1. Лившиц Б. Г. Физические свойства металлов и сплавов:учеб. пособие/Б. Г. Лившиц.- М.:Машгиз,1956.-352.-Библиогр.: с. 342-350

2. Епифанов Г. И. Физика твердого тела:учебное пособие для втузов/Г. И. Епифанов.-Москва:Высшая школа,1977.-288.-Библиогр.: с. 282-283. - Предм. указ.: с. 284-286

3. Павлов П. В.,Хохлов А. Ф. Физика твердого тела:учебник для вузов/П. В. Павлов, А. Ф. Хохлов.- Москва:Высшая школа,2000, ISBN 5-06-003770-3.-494.

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

<http://www.studentlibrary.ru/doc/ISBN9785996323777-SCN0000/000.html> Электрические свойства твердых тел

<http://www.studentlibrary.ru/doc/ISBN9785996323777-SCN0000/000.html> Тепловые свойства

http://ftemk.mpei.ac.ru/ctlw/DocHandler.aspx?p=pubs/etm_re/magnetf/08.02.htm Магнитные свойства вещества

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Образовательный процесс по дисциплине **Физические свойства металлов и сплавов** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

- презентационные материалы (слайды по темам лекционных и практических занятий);
- доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС) ;
- доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Перечень необходимого лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения:

1. Операционная система "ALT Linux".
2. Приложение позволяющее просматривать и воспроизводить медиаконтент PDF-файлов «Adobe Acrobat Reader DC».
3. Программы, демонстрации видео материалов (проигрыватель) «WindowsMediaPlayer».
4. Программа просмотра интернет контента (браузер) «Google Chrome» или аналогичных.
5. Офисный пакет приложений «LibreOffice».

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ (student.psu.ru).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).

система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.

система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Лекционные занятия

Аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

2. Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)

Аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

3. Текущий контроль

Аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.

4. Групповые (индивидуальные) консультации проводятся в аудитории, оснащенной меловой (и) или маркерной доской.

5. Самостоятельная работа

Аудитория для самостоятельной работы, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета. Помещения Научной библиотеки ПГНИУ.

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине
Физические свойства металлов и сплавов**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции.
Индикаторы и критерии их оценивания**

ПК.2

Способен контролировать и прогнозировать физические свойства материалов с помощью различных инструментальных методов и компьютерного моделирования

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ПК.2.1 Использует в своей профессиональной деятельности соотношения и взаимосвязи между структурой материалов и их физическими свойствами для достижения требуемых рабочих параметров объектов микро- и наносистемной техники</p>	<p>Знает основные представления о наиболее важных физических свойствах металлов и сплавов.</p>	<p align="center">Неудовлетворител Отсутствуют знания о наиболее важных физических свойствах металлов и сплавов и методах измерения этих свойств.</p> <p align="center">Удовлетворительн Имеет значительные пробелы в знаниях о наиболее важных физических свойствах металлов и сплавов и методах измерения этих свойств.</p> <p align="center">Хорошо Имеет незначительные пробелы в знаниях о наиболее важных физических свойствах металлов и сплавов и методах измерения этих свойств.</p> <p align="center">Отлично Полностью владеет основными представлениями о наиболее важных физических свойствах металлов и сплавов и методах измерения этих свойств.</p>
<p>ПК.2.2 Применяет современные, как инструментальные, так и компьютерные методы изучения и прогнозирования свойств материалов</p>	<p>Знает методы измерения физических свойств металлов и сплавов для целей физического материаловедения и инженерно-конструкторских приложений.</p>	<p align="center">Неудовлетворител Не умеет использовать данные измерения для целей физического материаловедения и инженерно-конструкторских приложений.</p> <p align="center">Удовлетворительн Умеет в основном использовать данные измерения для целей физического материаловедения и инженерно-конструкторских приложений.</p> <p align="center">Хорошо Умеет использовать данные измерения для целей физического материаловедения и инженерно-конструкторских приложений.</p> <p align="center">Отлично Детально знает методы измерения указанных свойств и умеет использовать данные измерения для целей физического</p>

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		Отлично материаловедения и инженерно- конструкторских приложений.

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : Базовая

Вид мероприятия промежуточной аттестации : Зачет

Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации : Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

Максимальное количество баллов : 100

Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 45 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 45 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
ПК.2.1 Использует в своей профессиональной деятельности соотношения и взаимосвязи между структурой материалов и их физическими свойствами для достижения требуемых рабочих параметров объектов микро- и наносистемной техники	3. Термоэлектричество Защищаемое контрольное мероприятие	Знания об основных эффектах термоэлектричества: эффект Зеебека, Пельтье и Кельвина. Знания о приложениях измерения электросопротивления в физическом материаловедении. Знания об основных методах измерения электросопротивления металлов и сплавов. Знания об основных причинах электросопротивления металлов и сплавов и влияние на него различных факторов (температура, давление, деформация, примеси).
ПК.2.1 Использует в своей профессиональной деятельности соотношения и взаимосвязи между структурой материалов и их физическими свойствами для достижения требуемых рабочих параметров объектов микро- и наносистемной техники	6. Плотность и термическое расширение металлов и сплавов Защищаемое контрольное мероприятие	Знания о теплоемкости металлов и сплавов, методах ее измерения и приложение этих измерений в физическом материаловедении. Знания о теплопроводности металлов и сплавов, методах ее измерения и приложение этих измерений в физическом материаловедении.

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p>ПК.2.2 Применяет современные, как инструментальные, так и компьютерные методы изучения и прогнозирования свойств материалов</p> <p>ПК.2.1 Использует в своей профессиональной деятельности соотношения и взаимосвязи между структурой материалов и их физическими свойствами для достижения требуемых рабочих параметров объектов микро- и наносистемной техники</p>	<p>8. Ферромагнетизм</p> <p>Итоговое контрольное мероприятие</p>	<p>Знания о природе диа- и парамагнетизма, зависимость диа- и парамагнитных свойств от различных параметров (температура, фазовые превращения, деформация, примеси); методы измерения диа- и парамагнитной восприимчивостей, приложений этих измерений в физическом материаловедении. Знания о природе ферромагнетизма; зависимость ферромагнетизма от различных параметров (структура, температура, фазовые превращения, деформация, наличие примесей); методы измерения магнитных характеристик и использованные их в физическом материаловедении. Знания об упругих модулях металлов и сплавов и об основных факторах, определяющих эти параметры (структура, примеси, деформация, температура). Знания об основных методах измерения упругих модулей металлов и сплавов; приложения этих методов в физическом материаловедении. Знания об основных механизмах внутреннего трения: релаксационное, гистерезис, резонанс. Частота, амплитуда колебаний, структура и наличие примесей, температура.</p>

Спецификация мероприятий текущего контроля

3. Термоэлектричество

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **17**

Показатели оценивания	Баллы
Знания об основных эффектах термоэлектричества: эффекты Зеебека, Пельтье и Томсона.	9
Знания о влиянии на электросопротивление различных факторов (температура, давление, деформация, примеси).	8

Знания об основных методах измерения электросопротивления металлов и сплавов.	8
Знания о приложениях измерения электросопротивления металлов и сплавов в физическом материаловедении	8
Знания об основных причинах электросопротивления металлов и сплавов.	7

6. Плотность и термическое расширение металлов и сплавов

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **20**

Проходной балл: **9**

Показатели оценивания	Баллы
Знания о теплоемкости металлов и сплавов, методах ее измерения и приложение этих измерений в физическом материаловедении.	9
Знания о теплопроводности металлов и сплавов, методах ее измерения и приложение этих измерений в физическом материаловедении.	9
Имеет знания об методах измерения плотности и термического расширения в физическом материаловедении.	2

8. Ферромагнетизм

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **19**

Показатели оценивания	Баллы
Знания о природе ферромагнетизма; зависимость ферромагнетизма от различных параметров (структура, температура, фазовые превращения, деформация, наличие примесей); методы измерения магнитных характеристик и использованные их в физическом материаловедении.	10
Знания о природе диа- и парамагнетизма, зависимость диа- и парамагнитных свойств от различных параметров (температура, фазовые превращения, деформация, примеси); методы измерения диа- и парамагнитной восприимчивостей, приложений этих измерений в физическом материаловедении.	10
Знания об основных механизмах внутреннего трения: релаксационное, гистерезис, резонанс. Частота, амплитуда колебаний, структура и наличие примесей, температура.	9
Знания об упругих модулях металлов и сплавов и об основных факторах, определяющих эти параметры (структура, примеси, деформация, температура).	6
Знания об основных методах измерения упругих модулей металлов и сплавов; приложения этих методов в физическом материаловедении.	5