

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

Кафедра нанотехнологий и микросистемной техники

**Авторы-составители: Спивак Лев Волькович
Волынцев Анатолий Борисович**

Рабочая программа дисциплины

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ НАНОМАТЕРИАЛОВ

Код УМК 93716

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

Пермь, 2020

1. Наименование дисциплины

Материаловедение наноматериалов

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 **Материаловедение наноматериалов** 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	10
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 лабораторных работ, занятий по иностранному языку	14
Самостоятельная работа (ак.час.)	66
Формы текущего контроля	Защищаемое контрольное мероприятие (3)
Формы промежуточной аттестации	Зачет (10 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

1. Особенности наноструктуры

Кинетический подход. Критерии аморфизации. Критерии на основе критической скорости охлаждения. Критерии на основе приведенной температуры. Определение склонности к аморфизации по виду диаграмм состояния. Геометрические критерии. Химические критерии. Структурные критерии. Электронные критерии. Термодинамический подход. Классификация консолидированных наноматериалов по составу, распределению и форме структурных составляющих. Специфика понятия «дефекта» в наноматериалах. Новые «понятия» в описании структуры наноматериалов.

2. Основы технологии получения наноматериалов

Осаждение металла из газовой фазы на охлажденную подложку. Закалка из жидкого состояния. Метод Глейтера. Плазмохимическая технология. Разрушение кристаллической структуры твердого тела за счет внешних воздействий. Метод молекулярно-лучевой эпитаксии. Механизмы Фольмера-Вебера, Франка-Ван дер Мерве, Крастанова-Странского. Получение нанопористых материалов.

3. Модели структур нанокристаллических материалов

Полиэдры Бернала. Модель Гаскелла. Методы машинного моделирования структуры АМС. Турбулярные, луковичные наноструктуры. Хиральность структуры.

4. Магнитные свойства нанокристаллических сплавов

Особенности доменной структуры аморфных и нанокристаллических металлических сплавов. Влияние размерного фактора консолидированных наноматериалов. Способы оптимизации магнитных свойств при термической обработке.

5. Механические свойства нанокристаллических сплавов

Упругие свойства. Деформация и разрушение аморфных сплавов при комнатных температурах. Влияние размерного фактора (размера нанозерна) на механические свойства.

6. Стабильность структуры нанокристаллических сплавов при нагреве

Изменение структуры при низкотемпературном отжиге. Расслоение и кристаллизация. Пластичность. Кинетические особенности роста нанозерен. Роль диффузионного массопереноса.

7. Нанопроектирование металлических материалов

Роль меди в развитии процессов кристаллизации. Роль ниобия в развитии процессов кристаллизации. Влияние температуры нагрева на характер перераспределения элементов сплава.

8. Применение нанокристаллических сплавов

Магнитные экраны. Датчики (явление магнитострикции). Фильтры (коррозионная стойкость и магнитная проницаемость). Конструкционные, инструментальные и триботехнические материалы. Медицинские и биологические материалы. Наносборка. Наноэлектроника. Спинтроника. Микроэлектромеханические системы-MEMS. Инструменты нанотехнологии. Нанобизнес.

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. Наноструктурные материалы - 2014. Беларусь - Россия - Украина (НАНО-2014) : материалы IV Международной научной конференции (Минск, 7-10 октября 2014 г.) / I. N. Anfimova, B. Angelov, T. V. Antropova [и др.]. — Минск : Белорусская наука, 2014. — 432 с. — ISBN 978-985-08-1762-4. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/29586>
2. Ремпель А. А. Материалы и методы нанотехнологий: Учебное пособие/Ремпель А. А.- Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2015, ISBN 978-5-7996-1401-0.-136. <http://www.iprbookshop.ru/68346.html>
3. Нанотехнологии и специальные материалы : учебное пособие для вузов / Ю. П. Солнцев, Е. И. Пряхин, С. А. Вологжанина, А. П. Петкова ; под редакцией Ю. П. Солнцева. — 3-е изд. — Санкт-Петербург : ХИМИЗДАТ, 2020. — 336 с. — ISBN 078-5-93808-346-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/97818.html>

Дополнительная:

1. Андриевский Р. А., Рагуля А. В. Наноструктурные материалы: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки дипломированных специалистов 651800 "Физическое материаловедение"/Р. А. Андриевский, А. В. Рагуля.-Москва: Академия, 2005, ISBN 5-7695-2034-5.-192.
2. Наноструктурные материалы : учебное пособие / под редакцией Р. Ханнинк. — Москва : Техносфера, 2009. — 488 с. — ISBN 978-5-94836-221-2. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/12730>

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

<http://www.iprbookshop.ru/12730.html> Наноструктурные материалы

<http://www.iprbookshop.ru/68346.html> Материалы и методы нанотехнологий

<http://www.iprbookshop.ru/89230.html> Основы наноструктурного материаловедения

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

Образовательный процесс по дисциплине **Материаловедение наноматериалов** 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

Лекционные занятия проводятся в аудитории, оснащенной презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой или маркерной доской.

Лабораторные работы проходят в Лаборатории материаловедения, оснащенной специализированным оборудованием. Состав оборудования определен в Паспорте лаборатории.

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

Текущий контроль осуществляется в аудитории, оснащенной меловой (и) или маркерной доской.

К помещениям для самостоятельной работы студентов относятся:

- Аудитория для самостоятельной работы, оснащенный 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
Материаловедение наноматериалов**

**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>Иметь представление о новых направлениях развития материаловедения, физических основах создания новых материалов; Знать способы и критерии получения нанокристаллических материалов; Уметь прогнозировать возможность создания новых материалов, используя определенные критерии.</p>	<p align="center">Неудовлетворител обучающийся не может даже кратко охарактеризовать тему вопроса и ему не помогают подсказки и наводящие вопросы экзаменатора.</p> <p align="center">Удовлетворительн обучающийся дает лишь краткие сведения по теме вопроса</p> <p align="center">Хорошо затруднения ответа по некоторым аспектам темы вопроса, если обучающийся может воспользоваться подсказками и наводящими вопросами экзаменатора</p> <p align="center">Отлично полный ответ на вопрос, понимание места рассматриваемой темы в общем контексте дисциплины</p>
<p>ПК.2.2 Применяет современные, как инструментальные, так и компьютерные методы изучения и прогнозирования свойств материалов</p>	<p>Приобрести навыки целенаправленного поиска нового класса материалов, по характерным признакам или технологическим требованиям; Иметь опыт анализа и интерпретации строения твердых тел, анализировать результаты исследований, полученных с помощью дифракционных методов исследования и/или электронной микроскопии.</p>	<p align="center">Неудовлетворител обучающийся не может даже кратко охарактеризовать тему вопроса и ему не помогают подсказки и наводящие вопросы экзаменатора.</p> <p align="center">Удовлетворительн обучающийся дает лишь краткие сведения по теме вопроса</p> <p align="center">Хорошо затруднения ответа по некоторым аспектам темы вопроса, если обучающийся может воспользоваться подсказками и наводящими</p>

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p data-bbox="906 254 1268 321">Хорошо вопросами экзаменатора</p> <p data-bbox="906 365 1484 499">Отлично полный ответ на вопрос, понимание места рассматриваемой темы в общем контексте дисциплины</p>

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : СУОС 2020

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 43 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 43 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	2. Основы технологии получения наноматериалов Защищаемое контрольное мероприятие	Методы получения наноматериалов. Классификация наноматериалов. Архитектуры: организация атомов в наноструктуре. Ансамбли: рецепторы и субстраты, гость-хозяин, самосборка.
ПК.2.2 Применяет современные, как инструментальные, так и компьютерные методы изучения и прогнозирования свойств материалов	4. Магнитные свойства нанокристаллических сплавов Защищаемое контрольное мероприятие	Магнитные свойства наноматериалов. Природа ферромагнетизма в наноматериалах. Магнитный момент. Температура Кюри. Петля гистерезиса. Доменная структура. Магнитострикция. Структурная релаксация и магнитные свойства. Влияние отжига в магнитном поле на магнитные свойства наноматериалов. Стабилизация доменов. Явление дезаккомодации. Высокочастотные потери на перемагничивание. Электронные свойства наноматериалов. Электронная структура и плотность состояний. Комптоновское рассеяние. Аннигиляция позитронов. Электросопротивление наноматериалов.

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
ПК.2.2 Применяет современные, как инструментальные, так и компьютерные методы изучения и прогнозирования свойств материалов	6. Стабильность структуры нанокристаллических сплавов при нагреве Защищаемое контрольное мероприятие	Механические свойства наноматериалов. Упругие модули. Неупругость. Твердость. Прочность и пластичность наноматериалов. Влияние температуры на механические свойства наноматериалов. Механизмы деформации. Эффект Холла-Петча. Наносборка. Нанозлектроника. Спинтроника. Микроэлектромеханические системы-MEMS. Инструменты нанотехнологии. Нанобизнес.

Спецификация мероприятий текущего контроля

2. Основы технологии получения наноматериалов

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

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

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
Знание методов получения наноматериалов.	9
Знание классификации наноматериалов.	8
Знание архитектуры наноматериалов: организация атомов в наноструктуре.	7
Знание ансамблей: рецепторы и субстраты, гость-хозяин, самосборка.	6

4. Магнитные свойства нанокристаллических сплавов

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
Знание магнитных свойств наноматериалов. Природа ферромагнетизма в наноматериалах. Магнитный момент. Температура Кюри. Петля гистерезиса. Доменная структура. Магнитострикция.	13
Знание электронных свойств наноматериалов. Электронная структура и плотность состояний. Комптоновское рассеяние. Аннигиляция позитронов. Электросопротивление наноматериалов.	10
Знание структурной релаксации и магнитных свойств. Влияние отжига на магнитные свойства наноматериалов. Стабилизация доменов. Высокочастотные потери на перемагничивание.	10

Знание способов оптимизации магнитных свойств наноматериалов при термической обработке.	7
---	---

6. Стабильность структуры нанокристаллических сплавов при нагреве

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

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

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
Знание механических свойства наноматериалов. Упругие модули. Неупругость. Твердость. Прочность и пластичность наноматериалов.	13
Знание влияния температуры на механические свойства наноматериалов. Механизмы деформации. Эффект Холла-Петча.	10
Знание применения наноматериалов. Наносборка. Нанoeлектроника. Спинтроника. Микроэлектромеханические системы-MEMS. Инструменты нанотехнологии. Нанобизнес.	7