

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
 высшего образования
 «Владимирский государственный университет
 имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
 (ВлГУ)

УТВЕРЖДАЮ
 Проректор по ОД
 А. А. Панфилов
 « 2 02 » 2019 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
 «МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ НАНОМАТЕРИАЛОВ И НАНОСИСТЕМ»**

Направление подготовки 28.03.02 «Наноинженерия»
Профиль/программа подготовки Инженерные нанотехнологии в машиностроении
Уровень высшего образования бакалавриат
Форма обучения очная

Семестр	Трудоемкость зач. ед./час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточной аттестации (экзамен/зачет/зачет с оценкой)
3	3 / 108	18	18	-	45	Экзамен 27
Итого	3 / 108	18	18	-	45	Экзамен 27

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины-«Материаловедение наноматериалов и наносистем» обеспечение теоретической подготовки студентов по профилю специальности. Изучение основных специальных, а также физических и механических свойств наноматериалов и наносистем, а также технологий их получения. Обучение студентов научным основам выбора наноматериала для решения специальных инженерных нанотехнологий в машиностроении

Задачи:

- ознакомление студентов с современным методами получения наноматериалов и наносистем, их обработки, обучение научным основам выбора материала с учетом его состава, структуры, термической обработки и достигающихся при этом эксплуатационных и технологических свойств, необходимых для машиностроения

-выработка умения поставить типовые задачи и разработать алгоритм создания наноматериалов и наносистем процесс создания изделий целевого назначения;

- обучение методологии создания наносистем и наноматериалов и применения их в машиностроении

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Учебная дисциплина «Материаловедение наноматериалов и наносистем» относится к дисциплинам базовой части блока I ОПОП ВО.

Дисциплину «Материаловедение наноматериалов и наносистем» студенты изучают в 3 семестре. Для успешного изучения дисциплины «Материаловедение наноматериалов и наносистем» необходимо знание основных курсов высшей математики, материаловедения, химии, физики. Из материаловедения — основные сведения о структуре и свойствах материалов. Курс химии обеспечивает сведениями о типах связи в твердых телах, энергетике и кинематике химических процессов окисления. Из курса физики при изучении данной дисциплины используются следующие разделы: физика твердого тела, физика элементарных частиц, молекулярная физика, термодинамика, законы диффузии и электропроводности.

Результаты изучения дисциплины используются в дальнейшем при изучении курсов: «Физико-химические основы нанотехнологий», «Мехатроника технологических систем», «Высокоэффективные методы обработки заготовок», «Нетрадиционные методы обработки наноматериалов», «Методы получения наноструктурированных покрытий в машиностроении»; а также при курсовом проектировании и выполнении квалификационной работы.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП

Код формируемых компетенций	Уровень освоения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине характеризующие этапы формирования компетенций (показатели освоения компетенции)
ОПК-1.	Частичное	Знать естественнонаучные и общепрофессиональные дисциплины, методы математического анализа и моделирования Уметь применять полученные знания для решения поставленных задач Владеть Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общепрофессиональных знаний, методов математического анализа и

		моделирования
ОПК-3.	Частичное	Знать методы измерения различных свойств материалов Уметь обрабатывать экспериментальные данные Владеть Способен проводить измерения и наблюдения, обрабатывать и представлять экспериментальные данные
ПК 1	Частичное	Знать методики исследования наносистем и наноматериалов Уметь проводить анализ структуры новых материалов наносистем Владеть способностью организации проведения анализа структуры новых материалов, адаптировать методики исследования свойств материалов к потребностям производства и разрабатывать новые методики.

4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоёмкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108час.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоёмкость (в часах)					Объем учебной работы с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	СРП	СРС		
1	Раздел 1. Особенности наноструктуры	7								Рейтинг-контроль 1
	Тема 1. Общая характеристика наноструктуры.		1,2	2	2	5	2/ 50			
	Тема 2. Структура консолидированных материалов		3,4	2	2	5	2/ 50			
	Тема 3. Дефекты структур		5,6	2	2	5	2/ 50			
	Тема 4. Структура высокомолекулярных наноматериалов		7,8	2	2	5	2/ 50			
2	Раздел 2 Особенности физико-химических свойств наноматериалов	7								Рейтинг-контроль 2
	Тема 5. Взаимосвязь свойств материалов с размерами частиц		9-10	2	2	5	2/ 50			
	Тема 6. Фазовые равновесия и термодинамика		11,12	2	2	5	2/ 50			
	Тема 7. Фононный спектр и термические свойства		13,14	2	2	5	2/ 50			
	Тема 8. Тип проводимости. Оптические характеристики		15,16	2	2	5	2/ 50			
	Тема 9. Магнитные характеристики		17,18	2	2	5	2/ 50	Рейтинг-контроль 3		
Итого				18		18		45	18/50	Экзамен (27).

Содержание лекционных занятий по дисциплине

Раздел 1. Особенности наноструктуры

Тема 1. Основные типы структур

Содержание темы: Классификация структур по химическому составу и распределению фаз. Структуры консолидированных материалов. Схема тройного стыка. Доля поверхностей раздела. Влияние продолжительности осаждения на толщину пленок. Основные приемы получения консолидированных материалов. Рентгенограммы меди. Рентгенограммы нитрида титана

Тема 2 Многослойные наноструктурные пленки

Содержание темы: Морфологические особенности сверхрешеток. Исследование изменения размера структурных составляющих наноматериалов. Распределение зерен наночастиц по размерам наноструктурного палладия. Распределение размеров зерен палладия и нитридов титана. Основные методы изучения наноструктур ПЭМ и РСА. Квантовый загон

Тема 3 Дефекты структур

Содержание темы: Дефекты квантовых малоразмерных структур. Возникновение тепловых вакансий, растворение сферических микропор. Соотношение Гиббса—Томпсона для оценки избыточной концентрации вакансий. Минимальный размер нанокристаллов. Плотность дислокаций. Зависимость микроискажений от размера кристаллитов. Влияние микроискажения в структуре нанокристаллитов на физические свойства наноматериалов. Виды решеток нанокристаллов. Природа межкристаллитных границ в наноматериалах. Аморфные прослойки на границах раздела в наноматериалах

Тема 4. Структура высокомолекулярных наноматериалов

Содержание темы: Нанополимерные структуры, особенности наноструктурных полимерных материалов. Схема укладки ламелей. Эволюция морфологии структур полимеров и блоксополимеров. Надмолекулярная структура частично закристаллизовавшихся полимеров. Основные типы макромолекулярной архитектуры. Темплаты. Супрамолекулярные структуры. Самосборка супрамолекулярной структуры и ансамблей. Рецепторы и субстраты (*receptors and substrates*) супрамолекулярных ансамблей. Комбинации четырех нитей ДНК. Основа (субстрат, «хозяин») нанопористые структуры. Тубулярные и луковичные структуры.

Раздел 2 Особенности физико-химических свойств наноматериалов

Тема 5. Взаимосвязь свойств материалов с размерами частиц

Содержание темы: Формула Д. Томсона. Основные особенности проявления размерных эффектов в наноматериалах. Трудность изучения размерных эффектов в наноматериалах. Влияние квантовых размерных эффектов на электронные свойства наноматериалов. Зависимость плотности электронных состояний от энергии для разномерных структур. Межатомное взаимодействие в макроскопических кристаллах. Полупроводниковые гетеро-структуры с квантовыми точками. Оптические свойства нанокристаллов CdSe. Схемы наноконструктов, состоящих из различно заряженных кристаллитов.

Тема 6. Фазовые равновесия и термодинамика

Содержание темы: Основные причины удаления от термодинамического равновесия. Изменение поверхностного натяжения на границах зерен при уменьшении размера кристаллита. Зависимость поверхностной энергии от размера частиц. Изменение максимальных эффектов при отжиге от размеров частиц. Особенности термодинамики малых объектов. Тепловые эффекты (α) и изменение твердости по Виккерсу образцов серебра. Избыточные термодинамические величины применительно к консолидированным нанокристаллическим материалам. Изменение энтальпии при нагреве наносистем. Оценка энтропийных избыточных вкладов в наноматериалах. Изотермы абсорбции водорода

интерметаллидом FeTi в аморфном, нано- и крупнокристаллическом состоянии. Изотермы абсорбции водорода крупнокристаллическим (а) и нанокристаллическим (б) палладием. Зависимость значения эвтектической температуры T_E для системы TiN — AlN от размера частиц. Влияние размера частиц на образования фаз меньшей поверхностной энергией. Влияние изменения температуры фазовых превращений в зависимости от размера зерна для титаната бария.

Тема 7 Фононный спектр и термические свойства

Содержание темы: Функция распределения энергий и частот (б) фононных спектров. Теплоемкости для материалов в различных состояниях. Температурная зависимость теплоемкости нанокристаллической меди (а) и коллоидного серебра. Статистические составляющие фактора Дебая—Уоллера. Коэффициент объемного термического расширения. Температура и энтальпия плавления индия. Температуры плавления T_m и стеклования T_g полиэтилена. Коэффициента объемного термического расширения

Тема 8 Тип проводимости. Оптические характеристики

Содержание темы: Электросопротивление металлических твердых тел. Формула для расчета электросопротивления. Температурная зависимость электросопротивления образца никеля. Электросопротивления пленок. Влияния квантовых эффектов. Оптические свойства наночастиц. Оптические и люминесцентные характеристики полупроводниковых наночастиц.

Тема 9 . Магнитные характеристики

Содержание темы Подразделение веществ по магнитным свойствам . Перестройка доменной структуры. Суперпарамагнетизм. Влияние размерного фактора на характеристики ферромагнетиков, сегнетоэлектриков и сегнетоэластиков. Магнитная восприимчивость наночастиц Pd и Cu. Влияние размера кристаллитов на коэрцитивную силу H_c ферромагнетиков. Гигантский магниторезистивный эффект. Магнитные свойства сверхрешеток и магнитотвердых материалов. Схема антиферромагнитного (антипараллельного) и ферромагнитного (параллельного) упорядочения в магнитных сверхрешетках.

Содержание практических занятий по дисциплине

Раздел 1. Особенности наноструктуры

Содержание темы 1 Определение селективности и производительности нанопористой системы. Метод обратного осмоса.

Содержание темы: 2 Установка для оценки гетеропорозности нанопористой системы по методу продавливания жидкости

Содержание темы 3. Расчет распределения пор по размерам нанопористой пленки

Содержание темы 4. Установка для оценки гетеропорозности нанопористого материала по методу продавливания газа. Расчет гетеропорозности

Раздел 2 Особенности физико-химических свойств наноматериалов

Содержание темы 5 Определение формы и ориентации пор в нанопористой системе по методу оценки электросопротивления. Расчет извилистости пор

Содержание темы 6. Механические свойства наноматериалов

Содержание темы 7. Влияние размеров зерна наноматериалов на прочность

Содержание темы 8. Стабильность наносистем. Рост зерен. Диффузия

Содержание темы 9. Реакционная способность. Катализ

Темы рефератов

1. Консолидированные материалы. Порошковая технология

2. Основные методы получения наноматериалов для порошковой технологии консолидации.
3. Фазоинверсионные методы формирования консолидированных наноструктурных пористых материалов (сухое формование, мокрое формование, термический фазоинверсионный процесс, спекание)
4. Интенсивная пластическая деформация, кручением под высоким давлением
5. Равноканальное угловое прессование
6. Технология нанопленок и покрытий:
7. Термическое испарение
8. Ионное осаждение
9. Осаждение из газовой фазы
10. Плазмо-химическая модификация активного слоя нанопористой пленки
11. Термическое разложение.
12. Трубочатые наноматериалы
13. Установка для получения фуллеренов и нанотрубок
14. Деформационно-индуцированная наносборка
15. Формирования нанопористых систем выщелачиванием нанозаполнителя
16. Термоформование композитов с последующим удалением порообразователей
17. Конструкционные наноматериалы
18. Триботехнические наноматериалы
19. Наноматериалы со специальными физическими свойствами (магниты, полупроводники, транзисторы)
20. Одноэлектронный транзистор
21. Медицинские и биологические материалы
22. Нанозлектромеханические системы

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В преподавании дисциплины - «Материаловедение наноматериалов и наносистем» используются разнообразные образовательные технологии как традиционные, так и с применением активных и интерактивных методов обучения.

Активные и интерактивные методы обучения:

1. Информационно-развивающие технологии (темы 1-9).
2. Развивающие проблемно-ориентированные технологии (темы 1-9).
3. Личностно-ориентированные технологии обучения (темы 1-9).
4. Метод выборочных ответов, исследовательский метод, анализ конкретных ситуаций (case-study) (тема 1-9).
5. Интерактивная лекция, опережающая самостоятельная работа, "мозговой штурм" (темы 1-9)

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Текущий контроль успеваемости (рейтинг-контроль 1, рейтинг-контроль 2, рейтинг-контроль 3).

Вопросы рейтинг-контроля 1

- 1 Классификация структур по химическому составу и распределению фаз.
- 2 Структуры консолидированных материалов.
- 3 Схема тройного стыка.
- 4 Доля поверхностей раздела
- 5 Влияние продолжительности осаждения на толщину пленок.
- 6 Основные приемы получения консолидированных материалов.
- 7 Рентгенограммы меди.
- 8 Рентгенограммы нитрида титана
- 9 Морфологические особенности сверхрешеток.
- 10 Исследование изменения размера структурных составляющих наноматериалов.
- 11 Распределение зерен наночастиц по размерам наноструктурного палладия.
- 12 Распределение размеров зерен палладия и нитридов титана.
- 13 Основные методы изучения наноструктур ПЭМ и РСА
- 14 Дефекты структур.
- 15 Возникновение тепловых вакансий
- 16 Определение селективности и производительности нанопористой системы.
- 17 Метод обратного осмоса.
- 18 Установка для оценки гетеропорозности нанопористой системы по методу продавливания жидкости
- 19 Расчет распределения пор по размерам нанопористой пленки

Вопросы рейтинг-контроля 2

- 1 Структура высокомолекулярных наноматериалов
- 2 Тубулярные и луковичные структуры.
- 3 Строение многослойных трубок.
- 4 Фуллереновая луковица
- 5 Взаимосвязь свойств материалов с размерами частиц
- 6 Электросопротивление материалов
- 7 Особенности появления размерных эффектов.
- 8 Электронное строение.
- 9 Зависимости плотности электронных состояний
- 10 Переход от крупнокристаллических полупроводников к наноструктурам
- 11 Оптические свойства нанокристаллов.
- 12 Модификация электронных свойств
- 13 Спектры комбинационного рассеивания монокристалла алмаза.
- 14 Структуры нанокомпозитов
- 15 Основные причины удаления от равновесия
- 16 Поверхностное натяжение на границе зерен
- 17 Термодинамика изолированных наночастиц
- 18 Особенности термодинамики малых объектов.
- 19 Максимальные тепловые эффекты при рекристаллизационном отжиге
- 20 Тепловые эффекты изменение твердости при нагревании.
- 21 Свободная энергия Гиббса.
- 22 Причина возникновения избытка свободной энергии
- 23 Изотермы адсорбции водорода в системах $FeTi - H_2$
- 24 Установка для оценки гетеропорозности нанопористого материала по методу продавливания газа.
- 25 Расчет гетеропорозности
- 26 Определение формы и ориентации пор в нанопористой системе по методу оценки электросопротивления.
- 27 Расчет извилистости пор

Вопросы рейтинг-контроля 3

- 1 Функция распределения энергий и частот (ν) фононных спектров.
- 2 Теплоемкости для материалов в различных состояниях.
- 3 Температурная зависимость теплоемкости нанокристаллической меди (а) и коллоидного серебра.
- 4 Статические составляющие фактора Дебая—Уоллера.
- 5 Коэффициент объемного термического расширения.
- 6 Температура и энтальпия плавления индия.
- 7 Температуры плавления T_m и стеклования T_g полиэтилена.
- 8 Коэффициента объемного термического расширения
- 9 Электросопротивление металлических твердых тел.
- 10 Формула для расчета электросопротивления.
- 11 Температурная зависимость электросопротивления образца никеля.
- 12 Электросопротивления пленок.
- 13 Влияния квантовых эффектов.
- 14 Оптические свойства наночастиц.
- 15 Оптические и люминесцентные характеристики полупроводниковых наночастиц.
- 16 Подразделение веществ по магнитным свойствам .
- 17 Перестройка доменной структуры.
- 18 Суперпарамагнетизм.
- 19 Влияние размерного фактора на характеристики ферромагнетиков
- 20 Влияние размерного фактора на характеристики сегнетоэлектриков
- 21 Влияние размерного фактора на характеристики сегнетоэластиков.
- 22 Магнитная восприимчивость наночастиц Pd и Cu.
- 23 Влияние размера кристаллитов на коэрцитивную силу H_c ферромагнетиков.
- 24 Гигантский магниторезистивный эффект.
- 25 Магнитные свойства сверхрешеток и магнитотвердых материалов.
- 26 Схема антиферромагнитного (антипараллельного) и ферромагнитного (параллельного) упорядочения в магнитных сверхрешетках.
- 27 Влияние размеров зерна наноматериалов на прочность
- 28 Стабильность наносистем.
- 29 Рост зерен.
- 30 Диффузия
- 31 Реакционная способность наносистем.
- 32 Катализ при использовании наноматериалов

Темы для самостоятельной работы

- 1 Консолидированные материалы. Порошковая технология
- 2 Основные методы получения наноматериалов для порошковой технологии консолидации.
- 3 Фазоинверсионные методы формирования консолидированных наноструктурных пористых материалов (сухое формование,
- 4 Фазоинверсионные методы формирования консолидированных наноструктурных пористых материалов - мокрое формование,
- 5 Фазоинверсионные методы формирования консолидированных наноструктурных пористых материалов - термический фазоинверсионный процесс
- 6 Фазоинверсионные методы формирования консолидированных наноструктурных пористых материалов - спекание)
- 7 Интенсивная пластическая деформация- кручением под высоким давлением
- 8 Интенсивная пластическая деформация - равноканальное угловое прессование
- 9 Технология нанопленок и покрытий - термическое испарение

- 10 Технология нанопленок и покрытий - ионное осаждение
- 11 Технология нанопленок и покрытий - осаждение из газовой фазы
- 12 Плазмо-химическая модификация активного слоя нанопористой пленки
- 13 Термическое разложение.
- 14 Трубочатые наноматериалы
- 15 Установка для получения фуллеренов и нанотрубок
- 16 Деформационно-индуцированная наносборка
- 17 Формирования нанопористых систем выщелачиванием нанозаполнителя
- 18 Термоформование нанокомпозитов с последующим удалением порообразователей
- 19 Конструкционные наноматериалы
- 20 Триботехнические наноматериалы
- 21 Наноматериалы со специальными физическими свойствами - магниты,
- 22 Наноматериалы со специальными физическими свойствами - полупроводники,
- 23 Наноматериалы со специальными физическими свойствами – транзисторы
- 24 Наноматериалы со специальными физическими свойствами - Одноэлектронный транзистор
- 25 Медицинские и биологические материалы
- 26 Наноэлектромеханические системы

Вопросы к экзамену

- 1 Классификация структур по химическому составу и распределению фаз.
- 2 Структуры консолидированных материалов.
- 3 Схема тройного стыка.
- 4 Доля поверхностей раздела
- 5 Влияние продолжительности осаждения на толщину пленок.
- 6 Основные приемы получения консолидированных материалов.
- 7 Рентгенограммы меди.
- 8 Рентгенограммы нитрида титана
- 9 Морфологические особенности сверхрешеток.
- 10 Исследование изменения размера структурных составляющих наноматериалов.
- 11 Распределение зерен наночастиц по размерам наноструктурного палладия.
- 12 Распределение размеров зерен палладия и нитридов титана.
- 13 Основные методы изучения наноструктур ПЭМ и РСА
- 14 Дефекты структур.
- 15 Возникновение тепловых вакансий
- 16 Определение селективности и производительности нанопористой системы.
- 17 Метод обратного осмоса.
- 18 Установка для оценки гетеропорозности нанопористой системы по методу продавливания жидкости
- 19 Расчет распределения пор по размерам нанопористой пленки
- 20 Структура высокомолекулярных наноматериалов
- 21 Тубулярные и луковичные структуры.
- 22 Строение многослойных трубок.
- 23 Фуллереновая луковица
- 24 Взаимосвязь свойств материалов с размерами частиц
- 25 Электросопротивление материалов
- 26 Особенности появления размерных эффектов.
- 27 Электронное строение.
- 28 Зависимости плотности электронных состояний
- 29 Переход от крупнокристаллических полупроводников к наноструктурам
- 30 Оптические свойства нанокристаллов.

- 31 Модификация электронных свойств
- 32 Спектры комбинационного рассеивания монокристалла алмаза.
- 33 Структуры нанокомпозитов
- 34 Основные причины удаления от равновесия
- 35 Поверхностное натяжение на границе зерен
- 36 Термодинамика изолированных наночастиц
- 37 Особенности термодинамики малых объектов.
- 38 Максимальные тепловые эффекты при рекристаллизационном отжиге
- 39 Тепловые эффекты изменение твердости при нагревании.
- 40 Свободная энергия Гиббса.
- 41 Причина возникновения избытка свободной энергии
- 42 Изотермы адсорбции водорода в системах $\text{FeTi} - \text{H}_2$
- 43 Установка для оценки гетеропорозности нанопористого материала по методу продавливания газа.
- 44 Расчет гетеропорозности
- 45 Определение формы и ориентации пор в нанопористой системе по методу оценки электросопротивления.
- 46 Расчет извилистости пор
- 47 Функция распределения энергий и частот (ν) фононных спектров.
- 48 Теплоемкости для материалов в различных состояниях.
- 49 Температурная зависимость теплоемкости нанокристаллической меди (а) и коллоидного серебра.
- 50 Статические составляющие фактора Дебая—Уоллера.
- 51 Коэффициент объемного термического расширения.
- 52 Температура и энтальпия плавления индия.
- 53 Температуры плавления T_m и стеклования T_g полиэтилена.
- 54 Коэффициента объемного термического расширения
- 55 Электросопротивление металлических твердых тел.
- 56 Формула для расчета электросопротивления.
- 57 Температурная зависимость электросопротивления образца никеля.
- 58 Электросопротивления пленок.
- 59 Влияния квантовых эффектов.
- 60 Оптические свойства наночастиц.
- 61 Оптические и люминесцентные характеристики полупроводниковых наночастиц.
- 62 Подразделение веществ по магнитным свойствам .
- 63 Перестройка доменной структуры.
- 64 Суперпарамагнетизм.
- 65 Влияние размерного фактора на характеристики ферромагнетиков
- 66 Влияние размерного фактора на характеристики сегнетоэлектриков
- 67 Влияние размерного фактора на характеристики сегнетоэластиков.
- 68 Магнитная восприимчивость наночастиц Pd и Cu.
- 69 Влияние размера кристаллитов на коэрцитивную силу H_c ферромагнетиков.
- 70 Гигантский магниторезистивный эффект.
- 71 Магнитные свойства сверхрешеток и магнитотвердых материалов.
- 72 Схема антиферромагнитного (антипараллельного) и ферромагнитного (параллельного) упорядочения в магнитных сверхрешетках.
- 73 Влияние размеров зерна наноматериалов на прочность
- 74 Стабильность наносистем.
- 75 Рост зерен.
- 76 Диффузия
- 77 Реакционная способность наносистем.
- 78 Катализ при использовании наноматериалов

В рамках работы над содержанием дисциплины использованы следующие формы работ:

- публичная защита результатов практических занятий и самостоятельной работы;
- научные студенческие конференции по итогам защиты рефератов;

По тематике самостоятельных работ под руководством преподавателя возможно опубликование статей в научных изданиях международных конференций и реферируемых журналах

Фонд оценочных средств для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ	
		Количество экземпляров изданий в библиотеке ВлГУ в соответствии с ФГОС ВО	Наличие в электронной библиотеке ВлГУ
1	2	3	4
Основная литература			
Солнцев Ю.П., Нанотехнологии и специальные материалы : Учебное пособие для вузов / Солнцев Ю.П., Пряхин Е.И., Вологжанина С.А., Петкова А.П. - 2-е изд., стереотип. - СПб. : ХИМИЗДАТ, 2017. - 336 с. - ISBN 978-5-93808-296-0	2017		- Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : http://www.studentlibrary.ru
Ковалев А.Н., Физика и технология нанострук- турных гетерокомпозиций / Ковалев А.Н. - М. : МИСиС, 2015. - 460 с. - ISBN 978-5-87623-941-9 -	2015		Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : http://www.studentlibrary.ru
Рогачев С.О., Металлические нано- материалы для медицины / Рогачев С.О. - М. : МИСиС, 2015. - 86 с. - ISBN 978-5- 87623-978-5 -	2015		Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785876239785.html . - Режим доступа : по подписке.
Андриевский Р.А., Наноматериалы на метал- лической основе в экстремальных условиях : учебное пособие / Р.А. Андриевский - М. :	2016		Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785001014188.html - Режим доступа : по подписке.

Лаборатория знаний, 2016. - 105 с. (Нанотехнологии) - ISBN 978-5-00101-418-8 -			
<i>Дополнительная литература</i>			
Андриевский Р.А., Основы наноструктурного материаловедения. Возможности и проблемы / Андриевский Р.А. - 2-е изд. (эл.). - М. : БИНОМ, 2014. - 255 с. (Нанотехнологии) - ISBN 978-5-9963-2517-7 -	2014		Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996325177.html (дата обращения: 16.12.2019). - Режим доступа : по подписке.
Андриевский Р.А., Основы наноструктурного материаловедения. Возможности и проблемы / Р. А. Андриевский. - М. : БИНОМ, 2012. - 252 с. (Нанотехнологии) - ISBN 978-5-9963-0622-0 -	2012		Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996306220.html (дата обращения: 16.12.2019). - Режим доступа : по подписке.

7.2. Периодические издания

- журнал «Нано- и микросистемная техника»;
- журнал «Наноматериалы и нанотехнологии-Наноиндустрия»;
- журнал «Наука и технологии России-STRF.ru@»
- журнал «Российские нанотехнологии»;
- журнал «Российский электронный наножурнал (нанотехнологии и их применение)»;
- журнал «Нанотехника».
- журнал «Нано Дайджест»;

7.3. Интернет-ресурсы

- сайты ведущих научных журналов по нанотехнологиям;
- электронные библиотечные системы библиотеки ВлГУ (бесплатный доступ через электронную библиотеку ВлГУ).

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, занятий лабораторного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы. Практические работы проводятся в компьютерном классе

Перечень используемого лицензионного программного обеспечения: Windows 7 Microsoft Open License 62857078; MS Office 2010 Microsoft Open License 65902316.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 28.03.02 «Наноинженерия»

Рабочую программу составил д.т.н., профессор кафедры ТФ иКМ
_____ А.И.Христофоров

Рецензент
(Представитель работодателя)
Начальник по производству ООО НПО «ИнЛитТех» _____ Е.В.Бельмисова

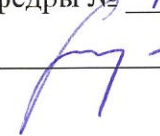
Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ТФ и КМ
Протокол № 10 от 21.06.2019 года
Заведующий кафедрой _____ В.А.Кечин
(ФИО, подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 28.03.02 «Наноинженерия»
Протокол № 1 от 29.08.2019 года
Председатель комиссии _____ В.В.Морозов
(ФИО, подпись)

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на 2020/2021 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 01.09.2020 года

Заведующий кафедрой  д.т.н., профессор В.В. Морозов

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____