

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

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор  
по учебно-методической работе  
А.А.Панфилов  
« 14 » \_\_\_\_\_ 2016 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Материаловедение наноматериалов и наносистем»**  
(наименование дисциплины)

Направление подготовки

28.03.02 «Наноинженерия»

Профиль/программа подготовки

-

Уровень высшего образования

бакалавриат

Форма обучения

очная

Семестр	Трудоемкость зач. ед./ час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экз./зачет)
3	3 / 108	18	-	36	18	Экзамен, 36 час
Итого	3 / 108	18	-	36	18	Экзамен, 36 час

Владимир 2016

*Мет*

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины (модуля)** - 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 технических задач.

В результате освоения данной дисциплины у студентов формируются основные общекультурные и профессиональные компетенции, отвечающие требованиям ФГОС ВО, к результатам освоения ОПОП ВО по направлению 28.03.02 «Наноинженерия».

Таблица 1. Требования к результатам освоения программы бакалавриата

Код	Результат обучения (компетенция) выпускника ОПОП
ПК-7	Обладать способностью в составе коллектива исполнителей участвовать в проектных работах по созданию и производству нанообъектов, модулей и изделий на их основе.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Учебная дисциплина «Материаловедение наноматериалов и наносистем» относится к дисциплинам базовой части блока 1 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 курса высшей математики используются элементы дифференциального и интегрального исчисления. 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. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

- **знать** основные виды наноматериалов и покрытий; основные методики исследования, применяемые на различных типах оборудования, требования к образцам исследуемых объектов (ПК-7);
- **уметь** определять и подбирать нужный тип оборудования для исследования материалов с различными свойствами; выбирать методику, подготавливать образцы для исследования в соответствии с характеристиками прибора и материала образца (ПК-7);
- **владеть** навыками работы с приборами и оборудованием при исследовании свойств образцов наноматериалов, методологией расшифровки полученных показаний, а также владеть навыками анализа полученных результатов (ПК-7).



## 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зачётных единицы, 108 часов.

Таблица 2. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Объем учебной работы с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости и (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	СРС	КР/КП		
1	Раздел 1	3	1-2	2	-	-	-	4	-	2/100	-
2	Раздел 2	3	3-8	4	-	-	-	4	-	2/50	Рейтинг-1
3	Раздел 3	3	9-10	2	-	8	-	4	-	2/20	Контроль
4	Раздел 4	3	11-12	4	-	-	-	4	-	2/50	Рейтинг-2
5	Раздел 5	3	13-14	4	-	28	-	4	-	8/25	Контроль
6	Раздел 6	3	15-18	2	-	-	-	16	-	2/100	Рейтинг 3
<b>Всего</b>		<b>3</b>	<b>1-18</b>	<b>18</b>	<b>-</b>	<b>36</b>	<b>-</b>	<b>18</b>	<b>-</b>	<b>18/33,3</b>	Экзамен

### 4.2. Содержание разделов дисциплины

#### Раздел 1. Введение. Классификация дисперсных частиц.

Тема 1.1. Классификация дисперсных частиц по агрегатному состоянию.

Тема 1.2. Классификация дисперсных частиц по размерам.

Тема 1.3. Классификация дисперсных частиц по мерности.

#### Раздел 2. Способы получения наноразмерных материалов.

Тема 2.1. Методы механического диспергирования.

Тема 2.2. Методы физического диспергирования.

Тема 2.3. Методы химического диспергирования.

Тема 2.4. Биологические подходы к получению наноразмерных материалов.

Тема 2.5. Способы консолидации наноразмерных порошков.

#### Раздел 3. Физико-химические основы получения наноструктурных материалов.

Тема 3.1. Формирование наноматериалов по механизму «снизу-вверх»

Тема 3.2. Формирование наноматериалов по механизму «сверху-вниз».

#### **Раздел 4. Размерные зависимости свойств наноматериалов.**

- Тема 4.1. Особенности термодинамических свойств наносред.
- Тема 4.2. Структура наноразмерных материалов.
- Тема 4.3. Характеристики дисперсности наноматериалов.
- Тема 4.4. Поверхность, границы, морфология наноматериалов.
- Тема 4.5. Электрические свойства наноматериалов.
- Тема 4.6. Ферромагнитные характеристики наноматериалов.
- Тема 4.7. Особенности тепловых свойств наноматериалов.
- Тема 4.8. Оптические характеристики наносред.
- Тема 4.9. Диффузия в наноматериалах.
- Тема 4.10. Химические свойства наноматериалов.
- Тема 4.11. Механические характеристики дисперсных сред.

#### **Раздел 5. Методы изучения свойств наноматериалов.**

- Тема 5.1. Исследование размерных характеристик.
- Тема 5.2. Определение элементного состава.
- Тема 5.3. Определение фазового состава.
- Тема 5.4. Методы изучения поверхности.

#### **Раздел 6. Использование наноматериалов в практической деятельности.**

- Тема 6.1. Применение наноматериалов в промышленности.
- Тема 6.2. Использование наноматериалов в биологии и медицине.

### **4.3. Лекционный курс**

Объем лекционной нагрузки составляет 33,3 % от общего объема аудиторной нагрузки.

Таблица 3. Распределение лекционной нагрузки по формам проведения

№ п/п	Раздел дисциплины	Объем нагрузки (в часах)	
		Лекции в традиционной форме	Лекции в интерактивной форме
1	Введение. Классификация дисперсных частиц.	2	-
2	Способы получения наноразмерных материалов.	2	2
3	Физико-химические основы получения наноструктурных материалов.	2	-
4	Размерные зависимости свойств наноматериалов.	2	2
5	Методы изучения свойств наноматериалов.	2	2
6	Использование наноматериалов в практической деятельности.	2	-
<b>ИТОГО</b>		<b>12</b>	<b>6</b>
<b>Всего лекционной нагрузки</b>		<b>18</b>	



#### 4.4. Лабораторный практикум

Лабораторный практикум является формой групповой аудиторной работы в небольших группах для освоения практических навыков с целью формирования профессиональных компетенций, необходимых для освоения основной образовательной программы (ПК-7).

Таблица 5. Перечень работ лабораторного практикума

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Темы лабораторных работ	Трудоемкость, час
1	Раздел 5	Подготовка объектов для исследований на растровом электронном микроскопе и особые требования к ним	4
2	Раздел 5	Микроскопия. Изучение устройства и принципа работы различных типов электронных микроскопов	4
3	Раздел 5	Анализ изображений структур наноматериалов, полученных на растровом электронном микроскопе	4
4	Раздел 5	Изучение устройства и принципа работы рентгенофлуоресцентного спектрометра последовательного анализа ARLADVANT'X и порошкового дифрактометра D8 ADVANCE	4
5	Раздел 3	Получение углеродного наноматериала методом газофазного химического осаждения	8
6	Раздел 5	Изучение структуры фуллеренов, их производных и нанотрубок	4
7	Раздел 5	Получение алюмоматричных композиционных материалов, упрочненных углеродными наноструктурами	8
<b>Всего лабораторных работ</b>			<b>36</b>

#### 4.5. Самостоятельная работа

Самостоятельная работа студентов является важнейшим компонентом образовательного процесса, развивающим их способности к самообучению и повышению своего профессионального уровня, способствующим приобретению компетенции ПК-7.

Цель самостоятельной работы – самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные технологии, обобщать, оформлять, представлять и докладывать результаты выполненной работы, а также критически анализировать полученные знания и аргументировано отстаивать свои предложения.

Самостоятельная работа направлена на закрепление и углубление освоения учебного материала, она включает в себя следующие виды работы студентов: работа с лекционным материалом, опережающая самостоятельная работа, подготовка к лабораторным работам, подготовка к экзамену

Опережающая самостоятельная работа заключается в изучении отдельных тем курса по заданию преподавателя.

Не смотря на то, что учебным планом не предусмотрено написание рефератов, с целью активизации самостоятельной работы студентов преподаватель предлагает студенту выполнить реферативную работу. При этом студентом может быть предложена и своя тематика.

С целью активизации самостоятельной работы, преподаватель может предложить магистрантам выполнить реферативную работу. При этом магистрантом может быть предложена и своя тематика.

## **5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

Большая часть лекционного материала предоставляется студентам перед началом занятий в электронном виде. Предполагается, что в этом случае студенты могут предварительно ознакомиться с темой и содержанием предстоящей лекции. В аудитории, имея перед глазами текст лекции на компьютере, планшете, ноутбуке или в бумажном виде, - студенты освобождаются от трудоёмкой работы в аудитории по конспектированию и полностью сосредотачиваются на сути материала, а преподаватель - от диктования, и может больше внимания уделить разъяснению читаемого раздела. Важное значение имеет то обстоятельство, что «производительность» учебного процесса при этом возрастает в 1,5 — 2 раза. Кроме того, использование данной технологии позволяет, при необходимости, насытить материал лекции большим количеством иллюстрационного материала и различных справочных данных.

Значительная часть лекционного материала оформлена в виде презентации с использованием стандартной программы в PowerPoint. Для демонстрации данного наглядно-иллюстрированного материала лекций используется соответствующая аппаратура (ноутбук, проектор).

При проведении лабораторных работ предусмотрено широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся. Предусмотрено 18 часов лекционных и лабораторных занятий в интерактивной форме, что составляет 33,3 % от общего числа аудиторных занятий.

В рамках учебного курса запланирован разбор конкретных ситуаций с целью формирования и развития общепрофессиональных и профессиональных компетенций у обучающихся (ПК-7).

Самостоятельная работа студентов включает подготовку рефератов и докладов по изучаемому материалу. Обсуждение студенческих докладов проходит в диалоговом режиме. Такая интерактивная технология развивает у студентов способность анализировать и синтезировать изучаемый материал, оформлять, представлять и докладывать его аудитории, умение вести дискуссию, аргументировано отстаивать свою точку зрения.



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

Текущий контроль проводится на практических занятиях с целью определения качества усвоения лекционного материала и части дисциплины, предназначенной для самостоятельного изучения.

Промежуточная аттестация по дисциплине — экзамен.

### **Вопросы для рейтинг-контроля №1**

1. Наноматериалы. Нанотехнологии. Задачи нанотехнологий.
2. Особенности наноматериалов.
3. Основные причины интереса к наноматериалам.
4. Классификация веществ и материалов по размеру частиц.
5. Классификация наноматериалов в зависимости от характерного размера.
6. Классификация материалов по структурным признакам.
7. Наночастицы: Нанокластеры. Нанокристаллы. Фуллерены. Нанотрубки. Супермолекулы. Биомолекулы. Мицеллы. Липосомы.
8. Консолидированные наноматериалы: Нанокристаллические материалы. Фуллериты. Фотонные кристаллы. Слоистые нанокompозиты. Матричные нанокompозиты. Нанопористые материалы. Наноаэрогели.
9. Нанодисперсии: Нанопорошки. Наносуспензии. Наноэмульсии. Наноаэрозоли.
10. Классификация дисперсных систем по агрегатному состоянию.
11. Золи. Аэрозоли. Гели. Порошки.
12. Частица. Агломерат. Агрегат.
13. Классификация дисперсных систем по размерам.
14. Классификация наноматериалов по геометрической форме и размерности структурных элементов.
15. Классификация дисперсных систем по мерности.

### **Вопросы для рейтинг-контроля №2**

1. Основные требования к методам получения наноматериалов.
2. Классификация нанотехнологий.
3. Способы получения наноразмерных материалов (общая классификация).
4. Основные требования к методам получения наноматериалов.
5. Методы механического диспергирования. Получение наноматериалов механическим измельчением. Преимущества и недостатки метода.
6. Методы механического диспергирования. Методы интенсивной пластической деформации (ИПД). Преимущества и недостатки методов.
7. Методы механического диспергирования. Получение наноматериалов механическим воздействием различных сред. Преимущества и недостатки методов. Кавитационно-гидродинамический метод. Измельчение ультразвуком.



8. Методы механического диспергирования. Получение наноматериалов механическим воздействием различных сред. Преимущества и недостатки методов. Вибрационный метод. Ударно-волновая обработка. Детонационный синтез.
9. Методы физического диспергирования. Получение наноматериалов распылением расплавов. Преимущества и недостатки методов.
10. Методы физического диспергирования. Получение наноматериалов методом испарения-конденсации. Преимущества и недостатки методов.
11. Методы физического диспергирования. Получение наноматериалов по вакуум-сублимационной технологии. Преимущества и недостатки методов.
12. Методы физического диспергирования. Получение наноматериалов с использованием твердофазных превращений. Преимущества и недостатки методов.

### **Вопросы для рейтинг-контроля №3**

1. Получение наноматериалов с использованием химических реакций – методы осаждения и соосаждения, преимущества и недостатки.
2. Получение наноматериалов с использованием химических реакций – метод восстановления, преимущества и недостатки.
3. Получение наноматериалов с использованием химических реакций – метод газофазных химических реакций, преимущества и недостатки.
4. Получение наноматериалов электрохимическими методами, преимущества и недостатки.
5. Получение наноматериалов путем сочетания химических и физических превращений.
6. Биологические подходы к получению наноразмерных материалов
7. Способы консолидации наноразмерных порошков -прессование.
8. Способы консолидации наноразмерных порошков — спекание.
9. Способы консолидации наноразмерных порошков -прокатка.
10. Способы консолидации наноразмерных порошков — экструзия.
11. Основные типы структур наноматериалов.
12. Размерная зависимость свойств наноматериалов - Фазовые превращения.
13. Размерная зависимость свойств наноматериалов – Кинетические свойства.
14. Размерная зависимость свойств наноматериалов – Электрические свойства.
15. Размерная зависимость свойств наноматериалов - Магнитные свойства.
16. Размерная зависимость свойств наноматериалов - Механические свойства.
17. Роль дефектов, возникающих в НМ вследствие особенностей методов их получения.
18. Применение наноразмерных материалов - Металлические наноматериалы.
19. Применение наноразмерных материалов - Композиционные материалы с наноразмерными частицами и отдельными слоями.
20. Применение наноразмерных материалов - Керамические материалы в наноструктурном состоянии.
21. Применение наноразмерных материалов - Производственные технологии.
22. Применение наноразмерных материалов - Создание защитных, декоративных и износостойких покрытий.
23. Применение наноразмерных материалов - Электронная и электро-магнитная техника.
24. Применение наноразмерных материалов - Использование наноматериалов в биологии и медицине.



## Вопросы к экзамену

1. Наноматериалы. Нанотехнологии. Задачи нанотехнологий.
2. Особенности наноматериалов.
3. Основные причины интереса к наноматериалам.
4. Классификация веществ и материалов по размеру частиц.
5. Классификация наноматериалов в зависимости от характерного размера.
6. Классификация материалов по структурным признакам.
7. Наночастицы: Нанокластеры. Нанокристаллы. Фуллерены. Нанотрубки. Супермолекулы. Биомолекулы. Мицеллы. Липосомы.
8. Консолидированные наноматериалы: Нанокристаллические материалы. Фуллериты. Фотонные кристаллы. Слоистые нанокompозиты. Матричные нанокompозиты. Нанопористые материалы. Наноаэрогели.
9. Нанодисперсии: Нанопорошки. Наносuspензии. Наноэмульсии. Наноаэрозоли.
10. Классификация дисперсных систем по агрегатному состоянию.
11. Золи. Аэрозоли. Гели. Порошки.
12. Частица. Агломерат. Агрегат.
13. Классификация дисперсных систем по размерам.
14. Классификация наноматериалов по геометрической форме и размерности структурных элементов.
15. Классификация дисперсных систем по мерности.
16. Основные требования к методам получения наноматериалов.
17. Классификация нанотехнологий.
18. Способы получения наноразмерных материалов (общая классификация).
19. Основные требования к методам получения наноматериалов.
20. Методы механического диспергирования. Получение наноматериалов механическим измельчением. Преимущества и недостатки метода.
21. Методы механического диспергирования. Методы интенсивной пластической деформации (ИПД). Преимущества и недостатки методов.
22. Методы механического диспергирования. Получение наноматериалов механическим воздействием различных сред. Преимущества и недостатки методов. Кавитационно-гидродинамический метод. Измельчение ультразвуком.
23. Методы механического диспергирования. Получение наноматериалов механическим воздействием различных сред. Преимущества и недостатки методов. Вибрационный метод. Ударно-волновая обработка. Детонационный синтез.
24. Методы физического диспергирования. Получение наноматериалов распылением расплавов. Преимущества и недостатки методов.
25. Методы физического диспергирования. Получение наноматериалов методом испарения-конденсации. Преимущества и недостатки методов.
26. Методы физического диспергирования. Получение наноматериалов по вакуум-сублимационной технологии. Преимущества и недостатки методов.
27. Методы физического диспергирования. Получение наноматериалов с использованием твердофазных превращений. Преимущества и недостатки методов.
28. Получение наноматериалов с использованием химических реакций – методы осаждения и соосаждения, преимущества и недостатки.
29. Получение наноматериалов с использованием химических реакций – метод восстановления, преимущества и недостатки.



30. Получение наноматериалов с использованием химических реакций – метод газофазных химических реакций, преимущества и недостатки.
31. Получение наноматериалов электрохимическими методами, преимущества и недостатки.
32. Получение наноматериалов путем сочетания химических и физических превращений.
33. Биологические подходы к получению наноразмерных материалов
34. Способы консолидации наноразмерных порошков -прессование.
35. Способы консолидации наноразмерных порошков - спекание.
36. Способы консолидации наноразмерных порошков -прокатка.
37. Способы консолидации наноразмерных порошков - экструзия.
38. Основные типы структур наноматериалов.
39. Размерная зависимость свойств наноматериалов - Фазовые превращения.
40. Размерная зависимость свойств наноматериалов – Кинетические свойства.
41. Размерная зависимость свойств наноматериалов – Электрические свойства.
42. Размерная зависимость свойств наноматериалов - Магнитные свойства.
43. Размерная зависимость свойств наноматериалов - Механические свойства.
44. Роль дефектов, возникающих в НМ вследствие особенностей методов их получения.
45. Применение наноразмерных материалов - Металлические наноматериалы.
46. Применение наноразмерных материалов - Композиционные материалы с наноразмерными частицами и отдельными слоями.
47. Применение наноразмерных материалов - Керамические материалы в наноструктурном состоянии.
48. Применение наноразмерных материалов - Производственные технологии.
49. Применение наноразмерных материалов - Создание защитных, декоративных и износостойких покрытий.
50. Применение наноразмерных материалов - Электронная и электро-магнитная техника.
51. Применение наноразмерных материалов - Использование наноматериалов в биологии и медицине.

#### **Тематика индивидуальных заданий на самостоятельную реферативную работу студентов**

1. Классификация дисперсных частиц по агрегатному состоянию.
2. Классификация дисперсных частиц по размерам.
3. Классификация дисперсных частиц по мерности.
4. Способы получения наноразмерных материалов.
5. Методы механического диспергирования.
6. Методы физического диспергирования.
7. Методы химического диспергирования.
8. Биологические подходы к получению наноразмерных материалов.
9. Способы консолидации наноразмерных порошков.
10. Физико-химия получения наноструктурных материалов.
11. Формирование наноматериалов по механизму «снизу-вверх».
12. Формирование наноматериалов по механизму «сверху-вниз».
13. Размерные зависимости свойств наноматериалов.
14. Особенности термодинамических свойств наносред.
  1. Структура наноразмерных материалов.
  2. Характеристики дисперсности наноматериалов.
  3. Поверхность, границы, морфология наноматериалов.
  4. Электрические свойства наноматериалов.

5. Ферромагнитные характеристики наноматериалов.
6. Особенности тепловых свойств наноматериалов.
7. Оптические характеристики наносред.
8. Диффузия в наноматериалах.
9. Химические свойства наноматериалов.
10. Механические характеристики дисперсных сред.
11. Методы изучения свойств наноматериалов.
12. Исследование размерных характеристик.
13. Определение элементного состава.
14. Определение фазового состава.
15. Методы изучения поверхности.
16. Использование наноматериалов в практической деятельности.
17. Применение наноматериалов в промышленности.
18. Использование наноматериалов в биологии и медицине.

## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Основная:**

1. Рыжонков Д.И. Наноматериалы: учебное пособие/ Рыжонков Д.И., Лёвина В.В., Дзидзигури Э.Л.— Электрон. текстовые данные.— М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014.— 366 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/4593>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю.
2. Витязь П.А. Наноматериаловедение: учебное пособие/ Витязь П.А., Свидунович Н.А., Куис Д.В.— Электрон. текстовые данные.— Минск: Вышэйшая школа, 2015.— 512 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/35501>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю.
3. Андриевский Р.А. Основы наноструктурного материаловедения. Возможности и проблемы / Андриевский Р.А.— Электрон. текстовые данные.— М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014.— 253 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/4575>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю.
4. Шабатина Т.И. Нанохимия и наноматериалы: учебное пособие/ Шабатина Т.И., Голубев А.М.— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2014.— 64 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/30893>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
5. Глезер А.М. Аморфно-нанокристаллические сплавы / Глезер А.М., Шурыгина Н.А.— Электрон. текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013.— 452 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/24306>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю.



### **Дополнительная:**

1. Технологии конструкционных наноструктурных материалов и покрытий: монография/ П.А. Витязь [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Минск: Белорусская наука, 2011.— 283 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/12322>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
2. Рудской А.И. Наноструктурированные металлические материалы/ Рудской А.И.— Электрон. текстовые данные.— СПб.: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Наука, 2011.— 270 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/43958>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю.
3. Головин Ю.И. Основы нанотехнологий/ Головин Ю.И.— Электрон. текстовые данные.— М.: Машиностроение, 2012.— 656 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/18532>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю.
4. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии: учебное пособие/ Гусев А.И.— Электрон. текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009.— 416 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/12979>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю.
5. Нанотехнологии и специальные материалы: учебное пособие для вузов/ Ю.П. Солнцев [и др.].— Электрон. текстовые данные.— СПб.: ХИМИЗДАТ, 2009.— 336 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/22540>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
6. Нанотехнологии и специальные материалы : Учебное пособие для вузов / Солнцев Ю.П., Пряхин Е.И., Вологжанина С.А., Петкова А.П. - СПб. : ХИМИЗДАТ, 2009. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785938081772.html>

### **в) периодические издания**

1. Журнал «Литейщик России».
2. Журнал «Литейное производство».
3. Журнал Известия Академии наук «Металлы».
4. Журнал Известия вузов «Цветная металлургия».

*Программное и коммуникационное обеспечение*

<http://www.de.vlsu.ru:81/umk> → Кафедра «Литейные процессы и конструкционные материалы» → (вход для зарегистрированных пользователей).

Операционная система Windows, стандартные офисные программы.

## 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации образовательного процесса по дисциплине используются мультимедийные лекционные аудитории кафедры «Технологии функциональных и конструкционных материалов». Лекционные занятия проводятся с использованием мультимедийных лекций и комплектов слайдов. Практические и лабораторные работы проводятся в специализированных аудиториях кафедры, оснащённых современными приборами и научно-исследовательским оборудованием.

Кафедра располагает компьютерным классом с современным программным обеспечением, локальной вычислительной сетью и доступом в Интернет для работы с Интернет-ресурсом по изучаемой дисциплине.

Научно-техническая библиотека ВлГУ располагает обширным фондом научно-технической литературы.

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

Рабочую программу составил

  
(ФИО, подпись)

доцент Шаршин В.Н.

Рецензент

Главный технолог ООО «КЛИО»

  
(место работы, должность, ФИО, подпись)

Е.В.Середа

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры

ТФ и КМ

Протокол № 45 от 14.01.2016 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

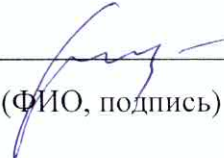
  
(ФИО, подпись)

В.А.Кечин

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 28.03.02 «Наноинженерия»

Протокол № 5/1 от 14.01.2016 года

Председатель комиссии \_\_\_\_\_

  
(ФИО, подпись)

В.В.Морозов