

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»**
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

УТВЕРЖДАЮ
Директор инженерно-строительного
института

Уваров В.А.
2021 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины

Основы технологий наноматериалов

Направление подготовки:

08.03.01 Строительство

Направленность программы (профиль):

Экспертиза и технологии перспективных материалов

Квалификация

бакалавр

Форма обучения

очная

Институт: инженерно-строительный

Кафедра материаловедения и технологии материалов

Белгород 2021

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 08.03.01 Строительство, утвержденного приказом Минобрнауки России от 31 мая 2017 г. № 481;
- учебного плана, утвержденного ученым советом БГТУ им. В.Г. Шухова в 2021 году.

Составитель (составители): к.т.н.  Н.И. Кожухова

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры материаловедения и технологии материалов «17» марта 2021 г., протокол № 3

Заведующий кафедрой: д.т.н., проф.  В.В. Строкова

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой материаловедения и технологии материалов

Заведующий кафедрой: д.т.н., проф.  В.В. Строкова

«17» марта 2021 г.

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

«25» марта 2021 г., протокол № 8

Председатель к.т.н., доц.  А.Ю. Феоктистов

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
экспертно-аналитический	ПК-2 Способен проводить выбор материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований надежности, долговечности, экономичности и экологических последствий их применения, в том числе с применением методов компьютерного проектирования и моделирования	ПК-2.2 Использует математическое моделирование при проектировании составов и оценке физико-механических свойств материалов	Знать: принципы математического моделирования при проектировании составов и оценке физико-механических свойств материалов Уметь: использовать математическое моделирование при проектировании составов и оценке физико-механических свойств материалов Владеть: навыками использования математическое моделирование при проектировании составов и оценке физико-механических свойств материалов
		ПК-2.3 Устанавливает связь состава и структуры материалов с их технологическими и эксплуатационными свойствами	Знать: принципы связи состава и структуры материалов с их технологическими и эксплуатационными свойствами Уметь: устанавливать связь состава и структуры материалов с их технологическими и эксплуатационными свойствами Владеть: навыками установления связи состава и структуры материалов с их технологическими и эксплуатационными свойствами
		ПК-2.4 Формулирует требования к физико-механическим и технико-эксплуатационным свойствам материалов на основе анализа условий их использования	Знать: требования к физико-механическим и технико-эксплуатационным свойствам материалов на основе анализа условий их использования Уметь: формулировать требования к физико-механическим и технико-эксплуатационным свойствам материалов на основе анализа условий их использования Владеть: навыками формулирования требования к физико-механическим и технико-эксплуатационным свойствам материалов на основе анализа условий их использования
		ПК-2.6	Знать: критерии надежности,

		<p>Оценивает надежность, долговечность, экономичность и экологичность материалов и изделий из них</p>	<p>долговечности, экономичности и экологичности материалов и изделий из них Уметь: оценивать надежность, долговечность, экономичность и экологичность материалов и изделий из них Владеть: навыками оценки надежности, долговечности, экономичности и экологичности материалов и изделий из них</p>
		<p>ПК-2.7 Применяет методы компьютерного моделирования и проектирования структуры и свойств материалов</p>	<p>Знать: методы компьютерного моделирования и проектирования структуры и свойств материалов Уметь: применять методы компьютерного моделирования и проектирования структуры и свойств материалов Владеть: навыками применения методов компьютерного моделирования и проектирования структуры и свойств материалов</p>

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Компетенция ПК-2 Способен проводить выбор материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований надежности, долговечности, экономичности и экологических последствий их применения, в том числе с применением методов компьютерного проектирования и моделирования

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины
1	Технологии современных бетонов и изделий
2	Технологии лакокрасочных материалов
3	Защитные покрытия для бетонов
4	Композиционные вяжущие вещества для перспективных материалов
5	Модификаторы для строительных композитов
6	Наносистемы в строительном материаловедении
7	Физико-химические основы прочности материалов
8	Бережливое производство
9	Долговечность строительных материалов и изделий
10	Основы физико-химической механики строительных композитов
11	Поверхностные явления и дисперсные системы
12	Термодинамические основы механохимии наносистем
13	Перспективные материалы со специальными свойствами
14	Композиционные материалы для эксплуатации в экстремальных условиях
15	Производственная исполнительская практика
16	Производственная преддипломная практика

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зач. единиц, 216 часов.

Дисциплина реализуется в рамках практической подготовки – 6 зач. единиц

Форма промежуточной аттестации: экзамен

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 4
Общая трудоемкость дисциплины, час	216	216
Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:	73	73
лекции	34	34
лабораторные	34	34
практические		
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	5	5
Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:	143	143
Курсовой проект		
Курсовая работа	36	36
Расчетно-графическое задание		
Индивидуальное домашнее задание		
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	71	71
Экзамен	36	36

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4.1 Наименование тем, их содержание и объем
Курс 2 Семестр 4

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
1. Введение в нанотехнологии. Основные понятия					
	Общие представления о нанотехнологии как науке. Основные термины и определения в области нанотехнологий. История развития, основоположники и ведущие ученые, работающие в сфере нанотехнологий; направления в нанотехнологиях	2			2
2. Наноматериалы как объекты размерного мира					
	Наноматериалы, их классификация, строение, характеристические особенности с точки зрения размерности и конфигурации. Наноматериалы в природе	2		12	13
3. Методы исследования и диагностика нанообъектов и наносистем.					
	Оптические и нелинейно-оптические методы диагностики. Особенности конфокальной микроскопии. Электронная микроскопия (ПЭМ и СЭМ). Электронная спектроскопия. Сканирующая зондовая микроскопия: Силовая микроскопия. Спектроскопия атомных силовых взаимодействий. Туннельная микроскопия и спектроскопия. Оптическая микроскопия ближнего поля. Применение сканирующей зондовой микроскопии в нанотехнологиях.	6		8	15
4. Получение наноразмерных объектов.					
	Основные принципы получения наноразмерных объектов: преимущества и недостатки. Методы получения наноматериалов. Химические и электрохимические методы. Физические методы. Механические методы. Биохимические методы.	10		10	16
5. Особенности наносборки.					
	Фотолитография; Ионно-лучевая литография; Рентгеновская литография; Электронно-лучевая литография; Микро-контактная печать; Нано-импринт литография	4			4
6. Магнитные наноматериалы.					
	Разновидности наноматериалов с магнитными свойствами, ферромагнитная жидкость, основные области применения.	2		4	6
7. Дефекты в наноматериалах					
	Классификация наноразмерных дефектов: вакансии и межузельные атомы, дислокации, поверхности раздела, полости и нанопоры	2			2
8. Особенности структуры наноматериалов					

	Структура полимерных, биологических и углеродных наноматериалов. Нанополимерные, супрамолекулярные, нанобиологические и нано-пористые структуры	4		-	11
9. Перспективы развития нанотехнологий					
	Современные достижения науки и техники в области нанотехнологии. Экономический эффект. Экологические последствия.	2			2
	ВСЕГО	34		34	71

4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

Не предусмотрено учебным планом.

4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр № 4				
1	Тема 2. Наноматериалы как объекты размерного мира	Изучение классификации наноматериалов	2	2
		Оценка доли поверхностных атомов в наночастицах	2	2
		Изучение характера изменения свойств наночастиц в зависимости от размеров	2	2
		Определение размера частиц нанодисперсных систем седиментационным методом.	6	6
2	Тема 3. Методы исследования и диагностика нанобъектов и наносистем.	Определение среднего диаметра наночастиц методом спектрофотометрии	8	8
3	Тема 4. Получение наноразмерных объектов	Получение коллоидных систем методом химической конденсации.	6	6
		Получение ксерогеля кремниевой кислоты.	4	4
4	Тема 6. Магнитные наноматериалы	Получение ферромагнитной жидкости.	4	4
ИТОГО:			34	34
ВСЕГО:			34	34

4.4. Содержание курсового проекта/работы

Курсовая работа (КР) – это самостоятельная работа студента, которая выполняется по заданию преподавателя. Она состоит из теоретической и практической частей. Теоретическая часть носит описательный характер и предполагает создание краткого научного обзора по заданной теме.

Практическая часть включает в себя расчет/анализ основных характеристик исследуемого объекта в зависимости от поставленной задачи.

Курсовая работа должна включать:

- титульный лист,
- задание на курсовую работу,
- теоретическая часть,
- практическая часть,
- заключение (выводы),
- список использованной литературы.
- приложения (при необходимости).

Пример задания КР:

Произвести анализ научно-технической литературы и дать краткий литературный обзор о наноматериале, способах его получения, свойствах и областях применения. Проанализировать теоретические и/или экспериментальные данные о свойствах выбранного объекта исследования. На основании полученных данных/результата анализа дать развернутую характеристику исследуемого материала и сделать заключение о его качестве.

Перечень конкретных вопросов, которые должны быть отражены в курсовой работе, определяется преподавателем. Изложение материала должно быть достаточно детальным, чтобы была возможность провести проверку результатов.

Заключение по работе должно содержать перечень и оценку результатов выполнения работы и степени их соответствия требованиям задания. В приложения следует включать вспомогательный материал, необходимый, по мнению автора, для лучшего понимания изложенного материала, который, однако, загромождает текст основного раздела. Например, вывод используемого в КР графического иллюстративного материала и т.п.

Общий рекомендуемый объем расчетно-пояснительной записки по КР с приложениями составляет 15–25 страниц.

В процессе выполнения курсовой работы осуществляется контактная работа обучающегося с преподавателем. Консультации проводятся в аудитории и/или посредством электронной информационно-образовательной среды университета.

Темы курсовых работ выдаются студентам в частном порядке в соответствии с темой научного исследования. Примерный перечень представлен в п. 5.3.

4.5. Содержание расчетно-графического задания, индивидуальных домашних заданий

Не предусмотрено учебным планом.

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1. Реализация компетенций

Компетенция ПК-2 Способен проводить выбор материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований надежности, долговечности, экономичности и экологических последствий их применения, в том числе с применением методов компьютерного проектирования и моделирования

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ПК-2.2 Использует математическое моделирование при проектировании составов и оценке физико-механических свойств материалов	Экзамен, защита лабораторных работ, устный опрос, тестовый контроль
ПК-2.3 Устанавливает связь состава и структуры материалов с их технологическими и эксплуатационными свойствами	Экзамен, защита лабораторных работ, защита курсовой работы, устный опрос, тестовый контроль
ПК-2.4 Формулирует требования к физико-механическим и технико-эксплуатационным свойствам материалов на основе анализа условий их использования	Экзамен, защита лабораторных работ, защита курсовой работы, устный опрос, тестовый контроль
ПК-2.6 Оценивает надежность, долговечность, экономичность и экологичность материалов и изделий из них	Экзамен, защита курсовой работы, устный опрос, тестовый контроль
ПК-2.7 Применяет методы компьютерного моделирования и проектирования структуры и свойств материалов	Экзамен, защита лабораторных работ, устный опрос, тестовый контроль

5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация осуществляется в конце семестра после завершения изучения дисциплины в форме экзамена.

5.2.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий) для экзамена

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Код компетенции	Содержание вопросов (типовых заданий)
2.	Введение в нанотехнологии. Основные понятия	ПК-2	<ol style="list-style-type: none"> История и предпосылки возникновения, этапы развития нанонауки и нанотехнологии. Основные понятия – нанотехнология, нанобъекты, нанонаука, наноматериалы, наносистемная техника, nanoиндустрия.

			<p>3. Особенности наноразмерного состояния вещества.</p> <p>4. Место наноразмерных объектов в окружающем мире.</p>
3.	Наноматериалы как объекты размерного мира	ПК-2	<p>5. Классификация наночастиц по размерному диапазону и свойствам.</p> <p>6. Классификация и типы структур наноматериалов.</p> <p>7. Классификация по количеству линейных размеров – нуль-, одно-, двух-, трехмерные наночастицы.</p> <p>8. Как формулируется зависимость температуры плавления наночастицы от ее размера?</p> <p>9. Привести примеры влияния размерных эффектов на температуру плавления и спекания, реакционную способность и каталитическую активность наноматериалов.</p>
4.	Методы исследования и диагностика нанобъектов и наносистем.	ПК-2	<p>10. Микроскопические методы исследования наноструктур.</p> <p>11. Сформулируйте общий принцип работы сканирующего зондового микроскопа.</p> <p>12. Какова физическая основа работы сканирующего силового микроскопа и, в частности, атомно-силового микроскопа?</p> <p>13. Спектральные методы исследования наноструктур.</p> <p>14. Электронная микроскопия (ПЭМ и СЭМ). Сущность и возможности метода.</p>
5.	Получение наноразмерных объектов	ПК-2	<p>15. Способы получения наночастиц «сверху вниз» и «снизу вверх». Общая характеристика и особенности проведения процессов.</p> <p>16. Классификация методов получения наноразмерных объектов.</p> <p>17. Методы синтеза с позиции природы процесса получения нанобъектов</p> <p>18. Методы химического осаждения.</p> <p>19. Золь-гель синтез как способ приготовления нульмерных наночастиц оксидов металлов: отличие золь-гель технологии от классических методов осаждения</p> <p>20. Темплатный синтез наноструктурированных объемных материалов. Характеристика основных стадий технологии и схема проведения процесса.</p> <p>21. Гидротермальный синтез одномерных протяженных наноструктур: общая характеристика, схема простейшего автоклава.</p> <p>22. Методы химического восстановления</p> <p>23. Методы интенсивной пластической деформации (ИПД). Общая характеристика и особенности проведения процессов.</p> <p>24. Деформация кручением под высоким давлением (КВД). Принципиальная схема установки, принцип действия, исходные материалы, физико-химические свойства продуктов</p> <p>25. Биохимические методы получения нанобъектов</p> <p>26. Получение наночастиц электрохимическими методами</p>

5.	Особенности наносборки.	ПК-2	27. Литография. Основы метода. 28. Фотолитография 29. Электронная литография. 30. Физические методы осаждения тонких пленок.
6.	Магнитные наноматериалы.	ПК-2	31. Основные области применения наноматериалов с магнитными свойствами. 32. Методы получения магнитных наноматериалов. 33. Ферромагнитная жидкость.
7.	Дефекты в наноматериалах	ПК-2	34. Основные типы дефектов в наноматериалах.
8.	Особенности структуры наноматериалов	ПК-2	35. Сборка наноструктур под влиянием механического напряжения. 36. Биологические нанообъекты. Биополимеры.
9.	Перспективы развития нанотехнологий	ПК-2	37. В чем заключаются перспективы развития наноматериалов. 38. Области применения наноматериалов. Конструкционные, инструментальные, функциональные материалы. 39. Композиционные материалы с углеродными нановолокнами, нанотрубками, фуллеренами, нанокристаллами алмаза. 40. Наноструктурные пленки, покрытия, пористые и магнитные материалы, ультрадисперсные порошки. 41. Экологические барьеры применения нанотехнологий 42. Применение наноматериалов в биологии и медицине, биосенсоры, биочипы, доставка лекарств. 43. Экономическая целесообразность внедрения нанотехнологий

5.3. Типовые контрольные задания (материалы) для текущего контроля в семестре

Текущий контроль осуществляется в течение семестра на лабораторных занятиях в форме устного опроса, выполнения различных индивидуальных практических заданий, предлагаемых преподавателем; в форме защиты курсовых работ.

Лабораторные работы

Лабораторные работы студенты выполняют по заранее известным темам в соответствии с планом лабораторных занятий. В процессе выполнения лабораторных работ студенты осуществляют фиксацию/анализ наблюдений и/или экспериментальных данных. По окончании выполнения по каждой лабораторной работе оформляется отчет, включающий все необходимые расчеты, построения графиков, формулировку выводов на основании полученных данных согласно цели лабораторной работы. Защита лабораторных работ проводится в форме собеседования преподавателя со студентом по соответствующим темам.

Примерный перечень контрольных вопросов для защиты лабораторных представлен в таблице.

Номер п/п	Тема лабораторной работы	Код компетенции	Контрольные вопросы
1.	Изучение классификации наноматериалов	ПК-2	<ol style="list-style-type: none"> 1. Что представляют собой наноматериалы? 2. Какие материалы называются наноструктурными? 3. Что представляют собой нанотехнологии? 4. Какие задачи решаются с помощью нанотехнологий?
2.	Оценка доли поверхностных атомов в наночастицах	ПК-2	<ol style="list-style-type: none"> 1. Каков характер зависимости доли поверхностных атомов от размеров наночастиц? 2. Каков характер влияния доли поверхностных атомов на активность наночастиц? 3. Приведите примеры проявления высокой активности наночастиц. 4. Какова приблизительная величина радиуса одного атома? 5. Каковы приблизительные размеры наночастиц?
3.	Изучение характера изменения свойств наночастиц в зависимости от размеров	ПК-2	<ol style="list-style-type: none"> 1. Почему для объяснения особых свойств вещества в наноразмерном состоянии мы вспоминаем о свойствах поверхности? 2. Чем поверхность отличается от объема вещества? 3. Как можно объяснить тот факт, что для наночастиц золота при изменении диаметра от 20 до 2 нанометров температура плавления понижается более чем в два раза? 4. В чем проявляются размерные эффекты наночастиц? 5. Как связано проявление размерных эффектов наночастиц с особенностями их структурного строения? 6. Каков характер изменения температуры плавления наночастиц в зависимости от их размеров? 7. Каков характер изменения температуры спекания нанопорошков в зависимости от размеров наночастиц? 8. Каков характер изменения каталитической активности наночастиц в зависимости от их размеров?
4.	Определение размера частиц нанодисперсных систем седиментационным	ПК-2	<ol style="list-style-type: none"> 1. Напишите уравнение Стокса для скорости седиментации в гравитационном поле. Каков физический смысл входящих в него величин? 2. Изменением каких параметров системы можно управлять скоростью осаждения частиц? 3. Что такое диффузионно-седиментационное равновесие?

	методом		<p>4. Чем характеризуется кинетическая и термодинамическая седиментационная устойчивость системы?</p> <p>5. Как определяют размеры частиц в условиях диффузионно-седиментационного равновесия?</p>
5.	Определение среднего диаметра наночастиц методом спектрофотометрии	ПК-2	<p>1. Какие оптические явления наблюдаются при падении луча света на дисперсную систему?</p> <p>2. Чем обусловлено светорассеяние в дисперсных системах и истинных растворах? Какими параметрами количественно характеризуется рассеяние света в системе?</p> <p>3. Напишите уравнение Релля, дайте его анализ. Каковы границы применимости уравнения Релея?</p> <p>4. Определение размера наночастиц: методы Релля и Геллера.</p> <p>5. Как влияют размеры частиц на зависимость оптической плотности от длины волны падающего света?</p> <p>6. Чем объясняется мутность дисперсных систем?</p> <p>7. Какой оптический метод основан на измерении мутности коллоидных растворов?</p>
6.	Получение коллоидных систем методом химической конденсации	ПК-2	<p>1. Основные технологические подходы, используемые для получения наноразмерных структур. Почему используют именно эти подходы?</p> <p>2. Диспергационные и конденсационные методы синтеза нанопорошков и консолидированных наноматериалов.</p> <p>3. В чем заключаются принципы построения формулы мицелл?</p> <p>4.</p>
7.	Получение ксерогеля кремниевой кислоты	ПК-2	<p>1. Гели – что это?</p> <p>2. Приведите примеры методов получения гелей и ксерогелей.</p> <p>3. Перечислите основные свойства гелей.</p> <p>4. Как виды гелей Вы знаете?</p> <p>5. Синерезис – что это?</p>
8.	Получение ферромагнитной жидкости	ПК-2	<p>1. Опишите метод получения ферромагнитной жидкости.</p> <p>2. Перечислите области применения магнитной жидкости.</p>

Защита КР предусматривает **собеседование**, т.е. специальную беседу с обучающимся, что позволяет оценить объём его знаний.

Типовые тематики курсовых работ

Компетенция ПК-2 Способен проводить выбор материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований надежности, долговечности, экономичности и экологических последствий их применения, в том числе с применением методов компьютерного проектирования и моделирования

- 1 Микрокремнезем. Методы получения
- 2 Метакаолин. Способы синтеза
- 3 Шунгит (определение, характеристика, свойства).
- 4 Ферромагнитная жидкость. Способы получения и свойства.
- 5 Наноструктурированное вяжущее. Технология получения. Основные характеристики.
- 6 Наноразмерные объекты на основе углерода. Методы и оборудование для получения углеродных наноматериалов различной размерности.
- 7 Керамические и металлокерамические композиты и микроразмерные покрытия.
- 8 Биологические наноструктуры.
- 9 Неорганические нанотрубки - синтез, свойства, применение. Использование нанотрубок
- 10 Примеры и особенности каталитических реакций с участием наночастиц
- 11 Квантовые размерные эффекты.
- 12 Нанокompозитные материалы. Классификация нанокompозитов
- 13 Пленочные технологии получения наноматериалов (химическое осаждение из газовой фазы (CVD), физическое осаждение из газовой фазы (PVD), электроосаждение, ионно-лучевая эпитаксия, золь-гель осаждение)
- 14 Магнитные наноматериалы. Влияние размера частицы на магнитные свойства ферромагнетиков. Основные параметры, зависящие от размерного фактора.
- 15 Наноэнергетика. Возможности использования нанотехнологий для создания топливных элементов и устройств для хранения энергии
- 16 Самоорганизация при получении нанообъектов.

Примеры тестовых заданий

Компетенция ПК-2 Способен проводить выбор материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований надежности, долговечности, экономичности и экологических последствий их применения, в том числе с применением методов компьютерного проектирования и моделирования

1. Какой метод не относится к основным методам получения углеродных нанотрубок и нановолокон?
 - a) Дуговой
 - b) Лазерно-термический
 - c) Пиролитический

d) Биотехнологический

2. Какими обязательными свойствами должен обладать кантилевер?

- a) Должен проводить электрический ток
- b) Должен быть выполнен из магнитного материала
- c) Должен быть выполнен из закалённой стали
- d) должен быть гибким с известной жесткостью

3. Какой из микроскопов изобретён позже остальных?

- a) Сканирующий силовой микроскоп
- b) Сканирующий туннельный микроскоп
- c) Растровый микроскоп
- d) Просвечивающий электронный микроскоп

4. Кто ввел в научную литературу термин наноматериалы?

- a) Г. Глейтер
- b) Ж. И. Алферов
- c) Р. Фейнман
- d) Э. Дрекслер

5. В каком микроскопе используется кантилевер?

- a) Сканирующий силовой микроскоп
- b) Сканирующий туннельный микроскоп
- c) Растровый микроскоп
- d) Просвечивающий электронный микроскоп

6. Что такое кантилевер?

- a) Компьютерный блок в силовом микроскопе
- b) Компьютерная программа обработки данных сканирующего микроскопа
- c) Подложка для образцов в растровом микроскопе
- d) Зонд в сканирующем силовом микроскопе

7. Что такое нанотрубки?

- a) Протяженные структуры, состоящие из свёрнутых гексагональных сеток с атомами углерода в узлах
- b) Семейство шарообразных полых молекул общей формулой C_n
- c) Протяженные структуры из углеродных переплетённых цепей
- d) металлоорганические витые полимер

8. Что такое размерный эффект в технологии наноматериалов?

- a) Изменение свойств нанообъектов в зависимости от размера элементов их структуры
- b) Изменение размера нанообъектов в зависимости от внешних условий
- c) Изменение свойств нанообъектов в зависимости от внешних условий
- d) Изменение размера нанообъектов в зависимости от состава

9. Первый вариант сканирующего туннельного микроскопа был изобретен:

- 1) Биннингом и Рорером;
- 2) Альфредом Чо и Джоном Артуром;
- 3) Максом Кноллом и Эрнстом Руска;
- 4) Робертом Керлом и Хэрольдом Крото.

10. Понятие «нанотехнологии» ввел впервые в обращение:

- 1) Демокрит;
- 2) Ломоносов;
- 3) Бор;
- 4) Танигути.

11. Принято, что наночастицы имеют размер не более:

- 1) 500 нанометров;
- 2) нанометров;
- 3) 50 нанометров;
- 4) 100 нанометров.

12. Нанометр – это:

- 1) 10^9 метра;
- 2) 10^{-9} метра;
- 3) 10^{-3} метра;
- 4) 10^{-6} метра.

13. Принцип работы туннельного сканирующего микроскопа заключается в:

- 1) в использовании оптических систем с большим увеличением;
- 2) в отражении от атомов ультразвука;
- 3) в использовании квантового механизма ;
- 4) в использовании рентгеновского излучения.

14. Атомно-силовой микроскоп используется для работы с материалами:

- 1) только проводниками;
- 2) только непроводящими ток (диэлектриками);
- 3) с теми и другими;
- 4) только с композитами.

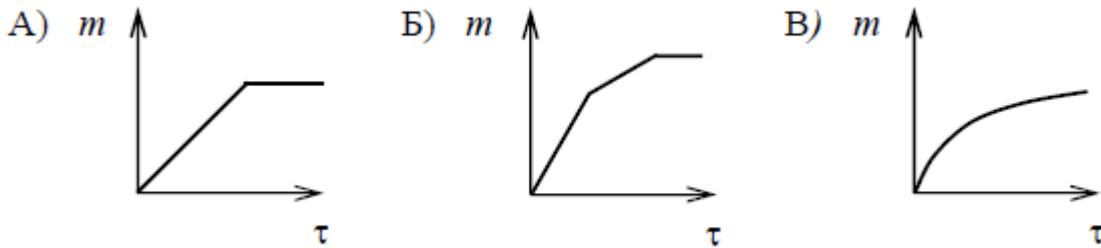
15. При увеличении радиуса частиц в 2 раза скорость их седиментации:

- 1) Увеличивается в 2 раза;
- 2) Увеличивается в 4 раза;
- 3) Уменьшается в 2 раза;
- 4) Уменьшается в 4 раза.

16. С помощью седиментационного анализа можно определить:

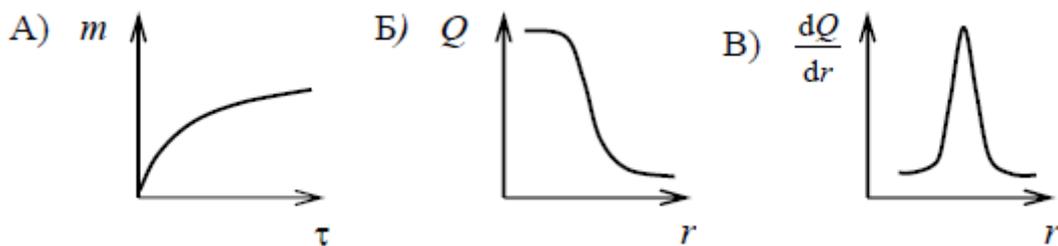
- 1) Размеры пор;
- 2) Размеры капель эмульсии;
- 3) Размеры частиц суспензии;
- 4) Размеры частиц лиозолей;
- 5) Поверхностное натяжение дисперсионной среды.

17. Кривая седиментации монодисперсной системы имеет вид:



18. Установите соответствие между кривыми, представленными на рисунках, и их названиями:

- 1) Интегральная кривая распределения частиц по радиусам полидисперсной системы;
- 2) Дифференциальная кривая распределения частиц по радиусам полидисперсной системы;
- 3) Кривая седиментации полидисперсной системы.



19. Как меняется вклад межфазной области в общие свойства объекта при уменьшении его размера?

- 1) При уменьшении размера объекта вклад межфазной области в общие свойства объекта уменьшается;
- 2) При уменьшении размера объекта вклад межфазной области в общие свойства объекта увеличивается;
- 3) При уменьшении размера объекта вклад межфазной области в общие свойства объекта проходит через максимум при 100 нм;
- 4) При уменьшении размера объекта вклад межфазной области в общие свойства объекта проходит через минимум при 100 нм

20. Какие наноструктуры обнаружены в шунгитовых породах?

- 1) однослойные нанотрубки;
- 2) фуллерены;
- 3) липосомы;
- 4) магнитные жидкости.

21. В узлах кристаллической решетки фуллеритов находятся:

- 1) атомы углерода
- 2) фуллерены
- 3) наночастицы

4) молекулы органических соединений.

22. В каких устройствах применяется магнитная жидкость?

- 1) кинескопы;
- 2) транзисторы;
- 3) устройства смазки магнитных лент;
- 4) динамики.

23. Какой из перечисленных ниже материалов может считаться наноматериалом (выберите единственный ответ)?

- 1) стекло
- 2) аэрогель
- 3) мрамор
- 4) базальт

24. Какие объекты из нижеперечисленных относятся к нульмерным объектам?

- 1) нанотрубка, молекула ДНК, нанопроволка, вискеры
- 2) атом, квантовые точки, наночастицы, нанокластеры, мицеллы, фуллерен
- 3) наноккомпозит, нанопористый материал, нанокристаллический материал

25. Химические способы получения наноструктур:

- 1) Интенсивная пластическая деформация;
- 2) Золь-гель технология;
- 3) Экструзия;
- 4) Эпитаксия.

26. Наноматериалам характерны:

- 1) Низкая химическая реакционная способность;
- 2) Повышенная пирофорность;
- 3) Высокая каталитическая активность.

27. Преимуществом метода атомносиловой микроскопии перед СТМ является...

- 1) возможность анализа на атомном уровне структуры поверхности непроводящих образцов;
- 2) более высокое пространственное разрешение;
- 3) гораздо более простое аппаратное оснащение.

Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При промежуточной аттестации в форме экзамена используется следующая шкала оценивания: 2 – неудовлетворительно, 3 – удовлетворительно, 4 – хорошо, 5 – отлично.

Критериями оценивания достижений показателей являются:

Наименование показателя оценивания результата обучения по практике	Критерий оценивания
ПК-2	Способен проводить выбор материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований надежности, долговечности, экономичности и экологических последствий их применения, в том числе с применением методов компьютерного проектирования и моделирования
Знания	принципы математического моделирования при проектировании составов и оценке физико-механических свойств материалов
	принципы связи состава и структуры материалов с их технологическими и эксплуатационными свойствами
	требования к физико-механическим и технико-эксплуатационным свойствам материалов на основе анализа условий их использования
	критерии надежности, долговечности, экономичности и экологичности материалов и изделий из них
	методы компьютерного моделирования и проектирования структуры и свойств материалов
Умения	использовать математическое моделирование при проектировании составов и оценке физико-механических свойств материалов
	устанавливать связь состава и структуры материалов с их технологическими и эксплуатационными свойствами
	формулировать требования к физико-механическим и технико-эксплуатационным свойствам материалов на основе анализа условий их использования
	оценивать надежность, долговечность, экономичность и экологичность материалов и изделий из них
	применять методы компьютерного моделирования и проектирования структуры и свойств
Владения	навыками использования математическое моделирование при проектировании составов и оценке физико-механических свойств материалов
	навыками установления связи состава и структуры материалов с их технологическими и эксплуатационными свойствами
	навыками формулирования требования к физико-механическим и технико-эксплуатационным свойствам материалов на основе анализа условий их использования
	навыками оценки надежности, долговечности, экономичности и экологичности материалов и изделий из них
	навыками применения методов компьютерного моделирования и проектирования структуры и свойств материалов

Оценка преподавателем выставляется интегрально с учётом всех показателей и критериев оценивания.

Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знание принципов математического моделирования при проектировании составов и оценке физико-механических свойств материалов	Не знает принципы математического моделирования при проектировании составов и оценке физико-механических свойств материалов	Знает принципы математического моделирования при проектировании составов и оценке физико-механических свойств материалов, но допускает грубые ошибки при использовании	Знает принципов математического моделирования при проектировании составов и оценке физико-механических свойств материалов, но допускает незначительные ошибки при использовании на практике	Знает принципов математического моделирования при проектировании составов и оценке физико-механических свойств материалов, свободно использует знания на практике
Знание принципов связи состава и структуры материалов с их технологическими и эксплуатационными свойствами	Не знает принципы связи состава и структуры материалов с их технологическими и эксплуатационными свойствами	Знает принципы связи состава и структуры материалов с их технологическими и эксплуатационными свойствами, но допускает грубые ошибки при использовании	Знает принципов связи состава и структуры материалов с их технологическими и эксплуатационными свойствами, но допускает незначительные ошибки при использовании на практике	Знает принципов связи состава и структуры материалов с их технологическими и эксплуатационными свойствами, свободно использует знания на практике
Знание требований к физико-механическим и технико-эксплуатационным свойствам материалов на основе анализа условий их использования	Не знает требования к физико-механическим и технико-эксплуатационным свойствам материалов на основе анализа условий их использования	Знает требования к физико-механическим и технико-эксплуатационным свойствам материалов на основе анализа условий их использования, но допускает грубые ошибки при использовании	Знает требования к физико-механическим и технико-эксплуатационным свойствам материалов на основе анализа условий их использования, но допускает незначительные ошибки при использовании на практике	Знает требования к физико-механическим и технико-эксплуатационным свойствам материалов на основе анализа условий их использования, свободно использует знания на практике
Знание критериев надежности, долговечности, экономичности и экологичности материалов и изделий из них	Не знает критерии надежности, долговечности, экономичности и экологичности материалов и изделий из них	Знает критерии надежности, долговечности, экономичности и экологичности материалов и изделий из них, но допускает грубые	Знает критерии надежности, долговечности, экономичности и экологичности материалов и изделий из них, но допускает	Знает критерии надежности, долговечности, экономичности и экологичности материалов и изделий из них, свободно

		ошибки при использовании	незначительные ошибки при использовании на практике	использует знания на практике
Знание методов компьютерного моделирования и проектирования структуры и свойств материалов	Не знает методы компьютерного моделирования и проектирования структуры и свойств материалов	Знает методы компьютерного моделирования и проектирования структуры и свойств материалов, но допускает грубые ошибки при использовании	Знает методы компьютерного моделирования и проектирования структуры и свойств материалов, но допускает незначительные ошибки при использовании на практике	Знает методы компьютерного моделирования и проектирования структуры и свойств материалов, свободно использует знания на практике

Оценка сформированности компетенций по показателю Умения.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Умение использовать математическое моделирование при проектировании составов и оценке физико-механических свойств материалов	Не умеет использовать математическое моделирование при проектировании составов и оценке физико-механических свойств материалов	Умеет использовать математическое моделирование при проектировании составов и оценке физико-механических свойств материалов, но допускает незначительные ошибки при использовании на практике	Умеет использовать математическое моделирование при проектировании составов и оценке физико-механических свойств материалов, но допускает незначительные ошибки при использовании на практике	Умеет использовать математическое моделирование при проектировании составов и оценке физико-механических свойств материалов, свободно использует умения на практике
Умение устанавливать связь состава и структуры материалов с их технологическими и эксплуатационным и свойствами	Не умеет устанавливать связь состава и структуры материалов с их технологическими и эксплуатационным и свойствами	Умеет устанавливать связь состава и структуры материалов с их технологическими и эксплуатационным и свойствами, но допускает незначительные ошибки при использовании на практике	Умеет устанавливать связь состава и структуры материалов с их технологическими и эксплуатационным и свойствами, но допускает незначительные ошибки при использовании на практике	Умеет устанавливать связь состава и структуры материалов с их технологическими и эксплуатационным и свойствами, свободно использует умения на практике

Умение формулировать требования к физико-механическим и технико-эксплуатационным свойствам материалов на основе анализа условий их использования	Не умеет формулировать требования к физико-механическим и технико-эксплуатационным свойствам материалов на основе анализа условий их использования	Умеет формулировать требования к физико-механическим и технико-эксплуатационным свойствам материалов на основе анализа условий их использования, но допускает незначительные ошибки при использовании на практике	Умеет формулировать требования к физико-механическим и технико-эксплуатационным свойствам материалов на основе анализа условий их использования, но допускает незначительные ошибки при использовании на практике	Умеет формулировать требования к физико-механическим и технико-эксплуатационным свойствам материалов на основе анализа условий их использования, свободно использует умения на практике
Умение оценивать надежность, долговечность, экономичность и экологичность материалов и изделий из них	Не умеет оценивать надежность, долговечность, экономичность и экологичность материалов и изделий из них	Умеет оценивать надежность, долговечность, экономичность и экологичность материалов и изделий из них, но допускает незначительные ошибки при использовании на практике	Умеет оценивать надежность, долговечность, экономичность и экологичность материалов и изделий из них, но допускает незначительные ошибки при использовании на практике	Умеет оценивать надежность, долговечность, экономичность и экологичность материалов и изделий из них, свободно использует умения на практике
Умение применять методы компьютерного моделирования и проектирования структуры и свойств	Не умеет применять методы компьютерного моделирования и проектирования структуры и свойств	Умеет применять методы компьютерного моделирования и проектирования структуры и свойств, но допускает незначительные ошибки при использовании на практике	Умеет применять методы компьютерного моделирования и проектирования структуры и свойств, но допускает незначительные ошибки при использовании на практике	Умеет применять методы компьютерного моделирования и проектирования структуры и свойств, свободно использует умения на практике

Оценка сформированности компетенций по показателю Владения.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Владение навыками использования математическое моделирование при проектировании составов и оценке физико-механических свойств материалов	Не владеет навыками использования математическое моделирование при проектировании составов и оценке физико-механических свойств материалов	Владеет навыками использования математическое моделирование при проектировании составов и оценке физико-механических свойств материалов, но допускает	Владеет навыками использования математическое моделирование при проектировании составов и оценке физико-механических свойств материалов, но допускает	Свободно владеет навыками использования математическое моделирование при проектировании составов и оценке физико-механических свойств материалов

		незначительные ошибки при применении навыков на практике	незначительные ошибки при применении навыков на практике	
Владение навыками установления связи состава и структуры материалов с их технологическими и эксплуатационным и свойствами	Не владеет навыками установления связи состава и структуры материалов с их технологическими и эксплуатационным и свойствами	Владеет навыками установления связи состава и структуры материалов с их технологическими и эксплуатационным и свойствами, но допускает незначительные ошибки при применении навыков на практике	Владеет навыками установления связи состава и структуры материалов с их технологическими и эксплуатационным и свойствами, но допускает незначительные ошибки при применении навыков на практике	Свободно владеет навыками установления связи состава и структуры материалов с их технологическими и эксплуатационным и свойствами
Владение навыками формулирования требования к физико-механическим и технико-эксплуатационным свойствам материалов на основе анализа условий их использования	Не владеет навыками формулирования требования к физико-механическим и технико-эксплуатационным свойствам материалов на основе анализа условий их использования	Владеет навыками формулирования требования к физико-механическим и технико-эксплуатационным свойствам материалов на основе анализа условий их использования, но допускает незначительные ошибки при применении навыков на практике	Владеет навыками формулирования требования к физико-механическим и технико-эксплуатационным свойствам материалов на основе анализа условий их использования, но допускает незначительные ошибки при применении навыков на практике	Свободно владеет навыками формулирования требования к физико-механическим и технико-эксплуатационным свойствам материалов на основе анализа условий их использования
Владение навыками оценки надежности, долговечности, экономичности и экологичности материалов и изделий из них	Не владеет навыками оценки надежности, долговечности, экономичности и экологичности материалов и изделий из них	Владеет навыками оценки надежности, долговечности, экономичности и экологичности материалов и изделий из них, но допускает незначительные ошибки при применении навыков на практике	Владеет навыками оценки надежности, долговечности, экономичности и экологичности материалов и изделий из них, но допускает незначительные ошибки при применении навыков на практике	Свободно владеет навыками оценки надежности, долговечности, экономичности и экологичности материалов и изделий из них
Владение навыками применения методов компьютерного	Не владеет навыками применения методов компьютерного	Владеет навыками применения методов компьютерного моделирования и	Владеет навыками применения методов компьютерного моделирования и	Свободно владеет навыками применения методов компьютерного

моделирования и проектирования структуры и свойств материалов	и	моделирования и проектирования структуры и свойств материалов	и	проектирования структуры и свойств материалов, но допускает незначительные ошибки при применении навыков на практике	и	проектирования структуры и свойств материалов, но допускает незначительные ошибки при применении навыков на практике	и	моделирования и проектирования структуры и свойств материалов
---	---	---	---	--	---	--	---	---

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Материально-техническое обеспечение

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1.	Учебные аудитории для проведения занятий лабораторного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Специализированная мебель, технические средства обучения: ноутбук, проектор, проекционный экран, магнитная мешалка, весы аналитические, секундомер, спектрофотометр LEKI, набор лабораторной посуды, торсионные весы, модельные образцы (ферритмагнитная жидкость, наноструктурированное вяжущее, набор нанодисперсных порошков)
2.	Читальный зал библиотеки для самостоятельной работы	Специализированная мебель; компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет», имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду
3.	Методический кабинет	Специализированная мебель; мультимедийный проектор, переносной экран, ноутбук

6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Перечень лицензионного программного обеспечения.	Реквизиты подтверждающего документа
1.	Microsoft Windows 10 Корпоративная	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023). Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017
2.	Microsoft Office Professional Plus 2016	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023
3.	Kaspersky Endpoint Security «Стандартный Russian Edition»	Сублицензионный договор № 102 от 24.05.2018. Срок действия лицензии до 19.08.2020 Гражданско-правовой Договор (Контракт) № 27782 «Поставка продления права пользования (лицензии) Kaspersky Endpoint Security от 03.06.2020. Срок действия лицензии 19.08.2022г.
4.	Google Chrome	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
5.	Mozilla Firefox	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения

6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

1. Александрова, О.А. Новые наноматериалы. Синтез. Диагностика. Моделирование: лаб. Практикум / под ред. В.А. Мошникова, О.А. Александровой. – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2015. – 248 с
2. Андриевский, Р.А. Наноструктурные материалы: учеб. пособие / Р.А. Андриевский, А.В. Рагуля. – М.: Академия, 2005. – 187 с.
3. Блесман, А.И. Теоретические основы методов исследования наноматериалов [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В.В. Даньшина, Д.А. Полонянкин, А.И. Блесман. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2017. – 78 с. – Режим доступа: <https://rucont.ru/efd/664524>.
4. Вихров, С.П., Вишняков Н.В. Нанотехнологии и их применение. Диагностика нанообъектов. Наноматериалы. Нанoeлектроника / ООО «Сервис». – Рязань, 2012. – 208 с.
5. Высоцкая, М.А. Наномодифицированные композиты для строительной отрасли: монография / М.А. Высоцкая, С.Ю. Шеховцова, М.Ю. Федоров. – Белгород: Издательство БГТУ им. В. Г. Шухова, 2016. – 152 с.
6. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. 2-е, испр. М.: Физматлит, 2007. – 414 с.
7. Гусев, А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А.И. Гусев. – М.: Физматлит, 2005. – 410 с.
8. Гусев, А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. – 2-е изд., испр. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 416 с.
9. Давыдов С.Ю., Лебедев А.А., Посредник О.В. Элементарное введение в теорию наносистем [Электронный ресурс]. Москва: Лань, 2014. – 192 с. Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=44757.
10. Заводинский В.Г. Компьютерное моделирование наночастиц и наносистем. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013. – 176 с.
11. Методы получения и свойства нанообъектов: учеб. пособие / Н.И. Минько, В.В. Строкова, И.В. Жерновский, В.М. Нарцев. – Белгород: Издательство БГТУ, 2007. 148 с.
12. Минько Н.И., Строкова В.В., Жерновский И.В., Нарцев В.М. Методы получения и свойства нанообъектов. Учебное пособие. М.: Флинта: Наука, 2009. – 162 с.
13. Минько, Н.И. Методы получения и свойства нанообъектов: учебное пособие / Н.И. Минько, В.В. Строкова, И.В. Жерновский, В.М. Нарцев. – Белгород: изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2007. – 148 с.
14. Наносистемы в строительном материаловедении: учеб. пособие / В.В. Строкова, И.В. Жерновский, А.В. Череватова. – Белгород: Издательство БГТУ, 2011. – 205 с.
15. Наносистемы в строительном материаловедении: учебное пособие. – 2-е изд., испр. / В.В. Строкова, И.В. Жерновский, А.В. Череватова. – СПб.: Лань, 2016. – 236 с.
16. Нанотехнологии и специальные материалы [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов/ Ю.П. Солнцев [и др.]. – СПб.: ХИМИЗДАТ, 2009. – 336 с.

17. Нанотехнологии: учебное пособие: пер. с англ. / Ч. Пул, Ф. Оуэнс. – 2-е изд., доп. – М.: Техносфера, 2006. – 336 с.
18. Нецвет Д.Д. Испытания наноструктурированных материалов: метод. указания к выполнению лаб. раб. / Д.Д. Нецвет, В.В. Нелюбова, В.В. Строкова. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2021.
19. Основы нанотехнологий: лабораторный практикум / Н.И. Кожухова. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2016. – 30 с.
20. Растровая электронная микроскопия для нанотехнологий. Методы и применение / под редакцией У. Жу [и др.]. – 3-е изд. – Москва: Лаборатория знаний, 2017. – 599 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/88490.html>.
21. Рыжков Д.И., Левина В.В., Дзидзигури Э.Л. Наноматериалы [Электронный ресурс]. 2-е изд. М.: БИНОМ, Лаборатория знаний, 2010. – 365 с. Режим доступа: <http://padaread.com/?book=58171&pg=1>.
22. Старостин В.В. Материалы и методы нанотехнологий [Электронный ресурс]: учебное пособие. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. – 432 с. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/4589>
23. Суздалев И.П. Нанотехнологии. Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. М.: КомКнига, 2006. – 589 с.
24. Фостер Линн Нанотехнологии. Наука, инновации и возможности [Электронный ресурс]: монография / Фостер Линн. – М.: Техносфера, 2008. – 352 с.

6.4. Перечень интернет ресурсов, профессиональных баз данных, информационно-справочных систем

Электронные образовательные ресурсы библиотеки БГТУ (<http://ntb.bstu.ru/jirbis2/>). Доступ к ресурсу осуществляется с компьютеров локальной сети университета и в зале электронных ресурсов (к.302).

1. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»
2. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов
3. Электронно-библиотечная система издательства «Лань»
4. Электронно-библиотечная система «IPRbooks»
5. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека ONLINE»
6. Электронная библиотека УМЦ ЖДТ
7. Электронная библиотека ООО «ИД «Гребенников»
8. Научная электронная библиотека eLIBRARY
9. Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки
10. База данных ВИНТИ РАН
11. База данных Web of Science
12. База данных Scopus
13. База данных Springer
14. База данных Wiley
15. База данных IEEE/IEL
16. Справочно-поисковая система «КонсультантПлюс»

17.Справочно-поисковая система «NormaCS»

18.Справочно-поисковая система «СтройКонсультант»

19.Национальная электронная библиотека

20.Национальный агрегатор открытых репозиториев российских университетов (НОРА)

Иные электронные образовательные ресурсы.

1. <http://www.DWG.ru>.

2. <http://www.nanonewsnet.ru/>